



**INSTITUTO SUPERIOR DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
EGAS MONIZ**

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA

**EFEITO DE DIFERENTES PROTOCOLOS DE ACABAMENTO E
POLIMENTO NA RUGOSIDADE DE SUPERFÍCIE E BRILHO DE
DUAS RESINAS COMPOSTAS**

Trabalho submetido por
Inês Alexandra Dias Lopes
para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

Setembro de 2016



INSTITUTO SUPERIOR DE CIÊNCIAS DA SAÚDE EGAS MONIZ

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA

EFEITO DE DIFERENTES PROTOCOLOS DE ACABAMENTO E POLIMENTO NA RUGOSIDADE DE SUPERFÍCIE E BRILHO DE DUAS RESINAS COMPOSTAS

Trabalho submetido por
Inês Alexandra Dias Lopes
para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

Trabalho orientado por
Professor Doutor José João Baltazar Mendes

Setembro de 2016

*“Não recebemos a sabedoria, temos de a descobrir
por nós mesmos no fim
de uma viagem pela floresta que ninguém pode fazer por nós,
já que a nossa sabedoria é o ponto de vista do qual
acabamos por olhar o mundo”*

(Marcel Proust)

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Doutor José João Mendes, por ter aceitado ser meu orientador, por ter acreditado desde o início neste projeto, pela sua disponibilidade e incomensurável ajuda na orientação. O seu profissionalismo e conhecimento, transmitidos ao longo destes cinco anos, muito contribuíram para a minha aprendizagem.

Aos Professores, Doutor João Rua, Doutor Jorge Caldeira e Mestre Paulo Monteiro, pela vossa dedicação, incentivo e apoio, indispensáveis à concretização deste projeto. Os vossos ensinamentos e empenho foram fundamentais para que esta etapa se tornasse exequível. Ao Professor Doutor Luís Proença, pelas pertinentes sugestões; Ao Professor Doutor Mário Polido, por ter disponibilizado, sem reservas, o laboratório de biomateriais.

Ao Instituto Superior de Ciências da Saúde Egas Moniz (ISCSEM) e ao seu qualificado corpo docente, em particular à Professora Doutora Ana Mano Azul, por ter despertado e incentivado em mim o gosto pela Dentisteria Operatória. Ao Departamento de Química da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa (FCT-UNL), por ter disponibilizado o laboratório de Microscopia de Força Atómica, peça fundamental e determinante na realização deste projeto. À empresa HEMPEL, Lda, na pessoa da Eng^a Elsa Soares, por ter disponibilizado de imediato o equipamento necessário à medição do brilho e por ter ajudado na concretização dessa tarefa.

À minha colega de *Box*, Joana Pereira, pela cumplicidade dos últimos dois anos. À minha colega de projeto, Ana Freitas, pelo companheirismo e apoio durante os últimos meses, principalmente na vertente laboratorial desta investigação.

Ao Celso, por estar incondicionalmente junto de mim. O teu permanente incentivo, apoio e carinho, são para mim um porto seguro. Por fim, mas não menos importante, as minhas palavras são agora dirigidas àqueles que conosco privam todos os dias e nos acalentam e engrandecem a alma. Aos meus pais, ao meu irmão e à minha tia Elisabete, por sempre terem acreditado em mim, por terem incentivado desde o primeiro dia esta caminhada, por me terem transmitido o impulso da incessante procura do conhecimento, por terem sempre mitigado os momentos de angústia em que ousei vacilar, por serem o meu pilar.

A todos aqueles que, direta ou indiretamente, cruzaram o meu caminho e me ajudaram a transpor algumas barreiras. A todos, a minha profunda gratidão. Bem hajam!

RESUMO

Objetivos: Este estudo tem como objetivo avaliar o efeito de quatro protocolos de acabamento e polimento na rugosidade de superfície (Ra) e no brilho (Br) de dois materiais restauradores direto, avaliando complementarmente a influência dessa rugosidade no brilho de superfície.

Materiais e Métodos: Foram confeccionadas 50 amostras de uma resina nanoparticulada (*Filtek™ Supreme XT*) e de uma resina nanohíbrida (*Brilliant Everglow™*). As referidas amostras foram divididas em quatro grupos, aos quais foram aplicados diferentes protocolos de polimento, complementados com um grupo de controlo, submetido exclusivamente a um protocolo de acabamento. A rugosidade foi medida com recurso a um Microscópio de Força Atómica (AFM) após tratamento das superfícies. A análise de brilho foi feita com recurso a um *glossmeter*, um ângulo de observação de 60°. A avaliação estatística dos resultados baseou-se nos testes paramétricos ANOVA *one-way* com correção de *Welch* e teste *Dunnnett* para comparação múltipla dos protocolos testados. A interação entre os fatores e as variáveis Ra e Br foi analisada através dos testes ANOVA e MANOVA *two-way*.

Resultados: Os resultados estatísticos evidenciam a influência que os Tipos de Protocolo aplicados e os Tipos de Resina testados têm nas variáveis Ra e Br. A comparação múltipla entre os protocolos realça a oposição entre o protocolo 4, que evidenciou a menor média de Ra e o maior valor de Br, e o protocolo 5, com a média mais alta de Ra e a menor percentagem de Br. A resina *Filtek™ Supreme XT* apresentou melhores resultados de Ra e de Br no protocolo 4, ao passo que a resina *Brilliant Everglow™* teve uma melhor performance nos protocolos 2 e 3 para as mesmas variáveis.

Conclusões: O brilho é influenciado pela rugosidade de superfície das resinas compostas, sendo que ambas as variáveis dependem fundamentalmente dos tipos de protocolos e dos dois materiais testados.

Palavras-Chave: Polimento, Restaurações Estéticas, Rugosidade de Superfície, Brilho

ABSTRACT

Objectives: The current study aims to evaluate the effect of four finishing and polishing protocols in Surface Roughness (Ra) and in Surface Gloss (Br) of two direct restorative materials. It also aims to evaluate the influence of this roughness on the gloss of those materials suitable for restoration of the front teeth.

Materials and Methods: Fifty samples of a nanofilled resin (Filtek™ Supreme XT) and a nanohybrid resin (Brilliant Everglow™) were used. Those samples were split into four groups to which were applied different polishing protocols, complemented by a control group subjected solely to a finishing protocol. Surface roughness was measured using an Atomic Force Microscope (AFM) after treatment. Gloss analysis was made with the use of a gloss meter at a 60-degree observation angle. Statistical analysis was based on the parametric one-way ANOVA, using *Welch's correction* and the *Dunnett test* for multiple comparisons. The interaction between factors, and *Surface Roughness and Gloss*, were analysed using the two-way ANOVA and MANOVA test.

Results: The results evidence the significant influence of the applied Protocol Types and Resin Types on Surface Roughness (Ra) and Surface Gloss (Br). The multiple comparisons between polishing systems highlight the contrast between protocol 4, evidencing the lowest average Ra and the highest value Br, and control protocol 5, evidencing the highest average Ra and the lowest percentage Br. The difference between resins used, proved to be significant in protocols 2, 3, and 4. Filtek Supreme™ XT resin provided the best results in both Ra and Br, in protocol 4, while Brilliant Everglow™ resin performed better in protocols 2 and 3.

Conclusions: Both Ra and Br are dependent on the type of protocol used, and on the type of resins tested in the research. Furthermore, the gloss is significantly influenced by the surface roughness of a composite resin.

Keywords: polishing, aesthetic restorations, surface roughness, gloss

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS	6
ÍNDICE DE TABELAS	9
LISTA DE ABREVIATURAS.....	10
I – INTRODUÇÃO	11
1.1. Conceitos de Estética	11
1.1.1 Cor.....	11
1.1.2 Biomimetismo	12
1.2. Restaurações Diretas Anteriores	12
1.2.1 Propriedades Físicas.....	13
1.2.1.1 Coeficiente de Expansão Térmica	13
1.2.1.2 Rugosidade de Superfície	14
1.2.1.3 Absorção de Água.....	14
1.2.1.5 Propriedades Óticas	15
1.2.1.5.2 Brilho.....	15
1.2.1.5.3 Opalescência Versus Fluorescência	16
1.2.1.5.4 Iridescência.....	17
1.2.2 Propriedades Mecânicas	17
1.2.2.1 Módulo de elasticidade	17
1.2.2.2 Resistência ao Desgaste	18
1.2.3 Polimerização das Resinas Compostas	18
1.2.3.1 Contração de Polimerização	19
1.3. Resinas Compostas	20
1.3.1 Composição.....	20
1.3.1.1. Matriz Orgânica	20
1.3.1.2. Partículas de Carga Inorgânica	21
1.3.1.3 Agentes de União.....	21

1.3.1.4 Sistema Ativador-Iniciador	22
1.3.1.5 Inibidores	23
1.3.1.6 Pigmentos e Opacos	23
1.3.2 Classificação das Resinas Compostas	24
1.3.2.1 Resinas Compostas Macroparticuladas	24
1.3.2.2 Resinas Compostas de Partículas Pequenas	24
1.3.2.3 Resinas Compostas Microparticuladas	25
1.3.2.4 Resinas Compostas Microhíbridas	26
1.3.2.5 Resinas Compostas Nanoparticuladas	27
1.3.2.6 Resinas Compostas Nanohíbridas	28
1.3.3 Limitações da Utilização de Resinas Compostas	28
1.4. Acabamento e Polimento das Restaurações Diretas Anteriores	29
1.4.1 Procedimentos Clínicos	30
1.4.1.1 Contorno	31
1.4.1.2 Acabamento e Caracterização	31
1.4.1.3 Polimento	32
1.4.1.4 Selamento de Superfície (<i>Glazing</i> ou <i>Rebonding</i>)	33
1.4.2 Instrumentos	33
1.4.2.1 Brocas Diamantadas e de Carbetto de Tungsténio	34
1.4.2.2 Discos e Lixas de Polimento	35
1.4.2.3 Borrachas de Polimento	37
1.4.2.4 Escovas e Feltros	37
1.4.2.5 Pastas de Polimento	38
1.4.3 Sistemas <i>One-Step</i> vs Sistemas <i>Multi-Step</i>	39
1.5. Métodos de Avaliação da Rugosidade de Superfície de Resinas Compostas	39
1.5.1 Microscópio de Força Atómica (AFM)	39
1.6. Métodos de Avaliação de Brilho de Resinas Compostas	40

1.6.1 <i>Glossmeter</i>	40
II – OBJETIVOS	41
III – HIPÓTESES DE ESTUDO	43
IV – MATERIAIS E MÉTODOS	45
V – RESULTADOS	55
5.1 Resultados Estatísticos.....	55
5.1.1 Medidas Descritivas	55
5.1.2 Medidas de independência e associação	58
5.1.3 Comparação da Rugosidade de Superfície por Tipo de Protocolo e por Tipo de Resina (ANOVA <i>one-way</i>).....	60
5.1.4 Interação entre os fatores e a Rugosidade de Superfície (ANOVA <i>two-way</i>)	66
5.1.5 Comparação do Brilho por Tipo de Protocolo e por Tipo de Resina (ANOVA <i>one-way</i>).....	66
5.1.6 Interação entre os fatores e o Brilho (ANOVA <i>two-way</i>).....	71
5.1.7 Correlação entre Brilho e Rugosidade de Superfície	72
5.2 Resultados Laboratoriais.....	74
VI – DISCUSSÃO.....	79
VII – CONCLUSÃO	85
VIII - BIBLIOGRAFIA.....	87
ANEXOS	

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Brilliant Everglow® (Resina A)	45
Figura 2 - Filtek® Supreme XT (Resina B)	45
Figura 3 - Molde cilíndrico Smile Line USA	46
Figura 4 - Definição da altura (mm) da amostra e colocação do biomaterial no molde cilíndrico	46
Figura 5 - Compactação do material restaurador contra a base do molde	46
Figura 6 - Aplicação de uma película de acetato na porção superior do biomaterial	46
Figura 7 - Colocação de placa de vidro sobre o molde e aplicação de pressão controlada	46
Figura 8 - Fotopolimerização da amostra	46
Figura 9 - Curing Radiometer P/N 10503	46
Figura 10 - Medição quantitativa da radiação emitida pelo fotopolimerizador (900 mW/cm ²)	46
Figura 11 - Disco Sof-Lex™ (Grão Médio): Vista Lateral	48
Figura 12 - Disco Sof-Lex™ (Grão Médio): modo de aplicação	48
Figura 13 - Disco Sof-Lex™ (Grão Fino): modo de aplicação	48
Figura 14 - SHP Soft Bristle Brush	49
Figura 15 - Diashine® Intra Oral Polishing Compound	49
Figura 16 - Aplicação de Diashine® PC na superfície da amostra	49
Figura 17 - Técnica de polimento com escova de cerdas e pasta diamantada	49
Figura 18 - DIATECH® ShapeGuard Polishing (Grão Fino): Vista Lateral	49
Figura 19 - DIATECH® ShapeGuard Polishing (Grão Fino): Modo de aplicação	49
Figura 20 - DIATECH® ShapeGuard Polishing (Grão Ultrafino): Modo de aplicação	49
Figura 21 - Espirais Sof-Lex™ (Grão Médio): Vista Lateral	49
Figura 22 - Espirais Sof-Lex™ (Pré-Polimento): Modo de aplicação	49
Figura 23 - Espirais Sof-Lex™ (Grão Polimento): Modo de aplicação	49
Figura 24 - Discos Alpen® SwissFlex™ (Grão Médio): Vista Lateral	49
Figura 25 - Discos Alpen® SwissFlex™ (Grão Médio): Modo de aplicação	49
Figura 26 - Discos Alpen® SwissFlex™ (Grão Fino): Modo de aplicação	49
Figura 27 - Borracha em taça do Sistema Enhance®: Modo de aplicação	50
Figura 28 - Disco de camurça: Modo de aplicação	50
Figura 29 - Broca diamantada 014: Modo de aplicação	50

Figura 30 - Protocolo 1 (Resina A)	51
Figura 31 - Protocolo 1 (Resina B).....	51
Figura 32 - Protocolo 2 (Resina A)	51
Figura 33 - Protocolo 2 (Resina B).....	51
Figura 34 - Protocolo 3 (Resina A)	51
Figura 35 - Protocolo 3 (Resina B).....	51
Figura 36 - Protocolo 4 (Resina A)	51
Figura 37 - Protocolo 4 (Resina A)	51
Figura 38 - Protocolo 5 (Resina A)	52
Figura 39 - Protocolo 5 (Resina B).....	52
Figura 40 - AFM Workshop TT (Vista Geral)	52
Figura 41 - AFM Workshop TT (Vista Frontal)	52
Figura 42 - AFM Workshop TT (zona de medição propriamente dita)	52
Figura 43 - Glossmeter: Vista exterior - Frontal	53
Figura 44 - Glossmeter: Vista exterior - monitor	53
Figura 45 - Glossmeter: zona de medição e zona de calibração.....	53
Figura 46 - Imagem AFM 2D do Protocolo 1 (Resina A).....	75
Figura 47 - Figura 30 - Imagem AFM 3D do Protocolo 1 (Resina A)	75
Figura 48 - Imagem AFM 2D do Protocolo 1 (Resina B)	75
Figura 49 - Figura 32 - Imagem AFM 3D do Protocolo 1 (Resina B)	75
Figura 50 - Imagem AFM 2D do Protocolo 2 (Resina A).....	75
Figura 51 - Imagem AFM 3D do Protocolo 2 (Resina A).....	75
Figura 52 - Imagem AFM 2D do Protocolo 2 (Resina B)	76
Figura 53 - Imagem AFM 3D do Protocolo 2 (Resina B)	76
Figura 54 - Imagem AFM 2D do Protocolo 3 (Resina A).....	76
Figura 55 - Imagem AFM 3D do Protocolo 3 (Resina A).....	76
Figura 56 - Imagem AFM 2D do Protocolo 3 (Resina B)	76
Figura 57 - Imagem AFM 3D do Protocolo 3 (Resina B)	76
Figura 58 - Imagem AFM 2D do Protocolo 4 (Resina A).....	77
Figura 59- Imagem AFM 3D do Protocolo 4 (Resina A).....	77
Figura 60 - Imagem AFM 2D do Protocolo 4 (Resina B)	77
Figura 61 - Imagem AFM 3D do Protocolo 4 (Resina B)	77
Figura 62 - Imagem AFM 2D do Protocolo 5 (Resina A).....	77
Figura 63 - Imagem AFM 3D do Protocolo 5 (Resina A).....	77

Figura 64 - Imagem AFM 2D do Protocolo 5 (Resina B)	78
Figura 65 - Imagem AFM 3D do Protocolo 5 (Resina B)	78

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Dureza relativa de vários componentes abrasivos, estrutura dentária natural e materiais restauradores	34
Tabela 2 - Características dos materiais testados	45
Tabela 3 - Esquematização dos protocolos de polimento aplicados	47
Tabela 4 - Caracterização dos Sistemas de Polimento testados	48
Tabela 5 - Medidas de tendência central e de dispersão: Rugosidade de Superfície (Ra)	55
Tabela 6 - Medidas de tendência central e dispersão: Brilho (Br)	58
Tabela 7 - Associação entre Rugosidade de Superfície (Ra) e Tipo de Protocolo (PRO)	59
Tabela 8 - Associação entre Rugosidade de Superfície (Ra) e Tipo de Resina (RES)...	59
Tabela 9 - Associação entre Brilho (Br) e Tipo de Protocolo (RES)	59
Tabela 10 - Associação entre Brilho (Br) e Tipo de Resinas (RES)	59
Tabela 11 - Comparação da Ra entre Protocolos (Teste de Dunnett)	61
Tabela 12 - Ordenação da Ra por Protocolos (Teste de Dunnett)	62
Tabela 13 - Comparação da Ra da Resina A entre Protocolos (Teste de Dunnett)	63
Tabela 14 - Comparação da Ra da Resina B entre Protocolos (Teste de Dunnett)	64
Tabela 15 - Ordenação da Ra das Resinas por Tipo de Protocolo (Teste de Dunnett) ..	64
Tabela 16 - Homogeneidade da Ra por Tipo de Resina e Tipo de Protocolo	65
Tabela 17 – Interações do Tipo de Protocolo e Tipo de Resina na Rugosidade de Superfície.....	66
Tabela 18 - Comparação do Br entre Protocolos (Teste de Dunnett).....	67
Tabela 19 - Ordenação do Br por Protocolos (Teste de Dunnett)	68
Tabela 20 - Comparação do Br da Resina A entre Protocolos (Teste de Dunnett)	69
Tabela 21 - Comparação do Br da Resina B entre Protocolos (Teste de Dunnett)	70
Tabela 22 - Ordenação do Br por Tipo de Protocolo (Teste de Dunnett)	71
Tabela 23 - Homogeneidade do Brilho por Tipo de Resina e Tipo de Protocolo	71
Tabela 24 – Interações do Tipo de Protocolo e Tipo de Resina no Brilho.....	72
Tabela 25 – Regressão Linear entre o Brilho e a Rugosidade de Superfície.....	73
Tabela 26 – Interação dos fatores com a Rugosidade de Superfície e com o Brilho (MANOVA)	74

LISTA DE ABREVIATURAS

AFM – *Atomic Force Microscopy*

Bis-GMA - Bisfenol-A-Glicidil-Metacrilato

Bis-EMA – Bisfenol-A- etoxilato -dimetacrilato

CQ – canforoquinona

°C – Graus Celsius

DMAEMA - Dimetilaminoetil metacrilato

HTB - Hidroxitolueno butilado

LED – *Light Emitting Diode*

LCTE – Coeficiente Linear de Expansão Térmica

MIC – Máxima Intercuspidação

µm – micrómetros

nm – nanómetros

PPRF – Partículas de Resina Pré-Polimerizada

Ra – Rugosidade média de superfície

SEM – Microscópio Eletrónico de Varrimento

TEGDMA - Trietileno-Glicol-Dimetacrilato

UDMA - Uretano Dimetacrilato

I – INTRODUÇÃO

1.1. Conceitos de Estética

1.1.1 Cor

A cor é descrita como uma sensação visual física e psicológica, produzida à luz visível e interpretada pelo cérebro, sendo considerada uma das principais componentes da estética dentária. Neste sentido, a descoloração dentária foi identificada com uma das características que torna um sorriso pouco atrativo, na medida em que um sorriso desejável está dependente da cor e do brilho que apresenta (Paravina, 2013).

Entende-se que a descoloração dos materiais utilizados na execução de restaurações estéticas deve-se, maioritariamente, a fatores intrínsecos que incluem a escolha do material, as propriedades da matriz e a interface entre a matriz e as partículas de carga inorgânica. Para além disso, considera-se que o meio oral, caracterizado pelas mudanças de temperatura e humidade, é o principal meio de descoloração dos materiais acima referidos (Villalta, Lu, Okte, Garcia-Godoy, & Powers, 2006; Barakah & Taher, 2014).

Por outro lado, a estabilidade de cor, diretamente relacionada com a manutenção da estética dentária ao longo do tempo, é igualmente influenciada por fatores extrínsecos, que incluem os compostos presentes na alimentação do indivíduo, bem como o consumo de tabaco (Villalta *et al.*, 2006).

Sendo considerado um fenómeno tridimensional, a cor é caracterizada pelas suas dimensões: matiz, croma e valor.

A matiz (ou tom) corresponde à cor propriamente dita, isto é, à dimensão da cor que distingue as diversas “famílias de cores”, sendo elas: azul, amarelo, vermelho e verde (Paravina, 2013).

Pelo contrário, o croma distingue o grau de saturação das cores, diferenciando cores pálidas de cores fortes ou cromáticas. O croma aumenta com a idade do indivíduo, pelo que é menor em pacientes mais jovens (Urzal, 2009).

O valor ou luminosidade, permite a distinção entre cores claras e cores escuras, pelo que é bastante mais elevado em pacientes jovens (Paravina, 2013; Robbins, 2013).

1.1.2 Biomimetismo

Atualmente, entende-se que os melhores e mais resistentes materiais que satisfaçam as características ideais da cavidade oral são, não só o próprio dente natural, como todos os tecidos que o envolvem (Lainovic *et al.*, 2014).

As restaurações de dentes anteriores devem simular as características naturais dos dentes, nomeadamente no que respeita a: cor, translucidez, forma e textura. Só assim é possível que estas restaurações estejam camufladas na dentição natural do paciente mantendo, ainda assim, as propriedades de resistência ao desgaste, força, adaptação marginal, selamento marginal, insolubilidade e biocompatibilidade, características dos materiais de restauração estética (Vargas, Bergeron, Murchison, Roeters & Chan, 2013).

De um modo geral, entende-se que o biomimetismo visa a explicação e a reprodução dos fenómenos semelhantes aos presentes nos sistemas biológicos sendo, por esse motivo, um aspeto fundamental a ter em conta na vertente de dentisteria estética.

1.2. Restaurações Diretas Anteriores

Existe uma grande variedade de biomateriais utilizados na reconstrução de dentes destruídos por patologia ou trauma. Por esse motivo, procura-se um material que satisfaça certas e determinadas características como as de biocompatibilidade, propriedades físicas ótimas, propriedades mecânicas, químicas e estéticas (Lainovic *et al.*, 2014).

Estudos recentes que avaliam a sobrevivência a longo-prazo (*follow-up* a três anos) dos materiais restauradores, identificam a fratura do dente e/ou restauração como a principal causa para a falha das restaurações diretas, sendo igualmente frequente a redução nas suas qualidades estéticas como: cor, forma anatómica e superfície da restauração. Por este motivo, a substituição de restaurações diretas é, atualmente, o procedimento clínico mais frequentemente executado pelos médicos dentistas. Ainda assim, com base no baixo/moderado risco de falha anual (0% a 4%) deste tipo de material restaurador, sabe-se que as restaurações anteriores apresentam uma taxa de sucesso a longo-prazo, em média, superior à das restaurações de dentes posteriores, desempenhando assim uma excelente performance clínica (Demarco *et al.*, 2015).

1.2.1 Propriedades Físicas

As propriedades físicas de um material envolvem as interações reversíveis do mesmo com o meio ambiente que o circunda. Pressupõem, portanto, as características de massa, propriedades térmicas, elétricas, óticas e propriedades que dizem respeito à sua superfície (Bayne & Thompson, 2013).

De um modo geral, destacam-se algumas destas características, que serão abordadas nos pontos seguintes, com particular relevância para a rugosidade de superfície e as propriedades óticas, as quais assumem especial importância no contexto desta dissertação.

1.2.1.1 Coeficiente de Expansão Térmica

Durante as alterações de temperatura, e à medida que esta aumenta, os movimentos atômicos do biomaterial tornam-se mais frequentes, alongando as ligações que existem entre os referidos átomos. Desta forma, ocorre expansão do material restaurador, ao contrário da contração que ocorre quando a temperatura diminui. Nesse sentido, caracteriza-se como coeficiente de expansão térmica (ou de contração), a taxa relativa em que ocorrem as alterações acima referidas (Bayne & Thompson, 2013; Anusavice, Shen & Rawls, 2013).

Quando existem grandes diferenças entre a contração e a expansão de uma resina composta em relação à estrutura do dente adjacente, ocorre um processo cíclico (percolação) de entrada e saída de fluídos orais nas margens da restauração, o que, conseqüentemente, conduz à progressiva degradação do biomaterial e infiltração marginal da restauração (Bayne & Thompson, 2013).

Para além disto, é possível considerar a taxa das alterações dimensionais do biomaterial por unidade de mudança de temperatura, a qual se designa por coeficiente linear de expansão térmica (LCTE). Assim sendo, quanto mais próximo o LCTE do material estiver do LCTE do esmalte, menores serão as alterações que provocam ranhuras e aberturas na junção do material com o dente, quando há mudanças de temperatura (Heymann, Ritter & Roberson, 2013).

1.2.1.2 Rugosidade de Superfície

Entende-se que o biofilme é a maior causa de lesão de cárie e de doença gengival e periodontal, sendo que a sua retenção pode ser minimizada reduzindo a rugosidade de superfície do biomaterial restaurador (Lainovic *et al.*, 2014). Por este motivo, a existência de irregularidades nas restaurações afeta tanto a acumulação de placa bacteriana como o próprio desgaste, descoloração e, conseqüentemente, a aparência estética do material utilizado. Desta forma, o tratamento da superfície com um adequado acabamento e polimento da restauração são considerados procedimentos críticos para se atingir um resultado estético favorável e uma maior longevidade dos dentes restaurados (Janus, Fauxpoint, Arntz, Pelletier, & Etienne, 2010; Jefferies, 2007; Yildiz, Sirin Karaarslan, Simsek, Ozsevik, & Usumez, 2015). Assim, entende-se que uma superfície mais suave apresenta um brilho superior, indicando uma durabilidade clínica também superior, uma melhor aparência estética, maior percepção tátil, o que induz maior conforto e melhor compatibilidade ótica com o esmalte do dente natural (Jung, Sehr, & Klimek, 2007; Antonson, Yazici, Kilinc, Antonson, & Hardigan, 2011; Lainovic *et al.*, 2014).

De um modo geral, pode descrever-se rugosidade de superfície como uma função da microestrutura de um material restaurador, criada por uma série de processos físicos usados no sentido de modificar a superfície (Ergücü & Türkün, 2007).

Vários foram os estudos que demonstraram que a rugosidade mínima necessária para a adesão de placa bacteriana é de 0,2 μ m (o que equivale a 200nm). Por este motivo, e no sentido de manter ou melhorar a aparência estética de um material restaurador, é fundamental que a sua rugosidade de superfície seja igual ou inferior à rugosidade do esmalte dentário das áreas de contacto oclusal (Lainovic *et al.*, 2014; Ferreira, Souto, Borges, Assunção, & Costa, 2015).

1.2.1.3 Absorção de Água

A absorção de água de um dado material corresponde à quantidade de água que esse material absorve ao longo do tempo, por unidade de área ou volume de superfície (Heymann *et al.*, 2013).

Após a polimerização da resina composta, o movimento de água no interior do material

conduz não só a uma mobilização de iões dentro da matriz, como a um movimento dos monómeros não reativos para a superfície. Desta forma, ocorre um efeito de sorção de água que induz um amolecimento da resina e que, conseqüentemente, conduz à sua progressiva degradação (Martin, Jedynekiewicz, & Fisher, 2003)

De um modo geral, é de notar que as propriedades das resinas compostas diminuem, provocando também uma diminuição na sua efetividade enquanto material restaurador. Deste modo, os materiais com um conteúdo superior de partículas de carga inorgânica, apresentam uma menor capacidade para a absorção de água, diminuindo assim a probabilidade de degradação, ao longo do tempo, da referida resina composta. (Heymann *et al.*, 2013).

1.2.1.5 Propriedades Óticas

1.2.1.5.1 Opacidade Versus Translucidez

A opacidade de um material corresponde à sua capacidade em bloquear a passagem de luz através dele mesmo. Neste sentido, é importante observar a coroa do dente a restaurar sob diferentes ângulos, uma vez que a orientação dos prismas de esmalte determina a decomposição de luz em vários tons de opalescência (Urzal, 2009). Pelo contrário, a translucidez representa a capacidade que o material tem em permitir a passagem de luz através do mesmo (Paravina, 2013). A translucidez é, portanto, uma das características de maior importância uma vez que é através desta que se consegue atingir um efeito de profundidade do esmalte (Urzal, 2009).

1.2.1.5.2 Brilho

A aparência de uma restauração é influenciada pelo grau de brilho de uma superfície após o seu polimento, sendo igualmente associada à quantidade de luz que é refletida pela própria restauração. Desta forma, quanto maior a rugosidade de uma superfície, maior será a dispersão de luz refletida e menor será o brilho da amostra observada (Ergücü & Türkün, 2007; Antonson *et al.*, 2011).

De um modo geral, entende-se que o brilho, sendo um fenómeno ótico, é superior quando todas as luzes que incidem sobre uma superfície são refletidas sob aproximadamente o

mesmo ângulo (Heintze, Forjanic, & Rousson, 2006).

Por esse motivo, sabe-se atualmente que a difusão da luz refletida é inferior em partículas de menores dimensões, fazendo com que a superfície da resina composta pareça mais brilhante. Nesse sentido, é expectável que uma resina nanoparticulada apresente um brilho de superfície superior, quando comparada com uma resina microhíbrida, já que as partículas de carga inorgânica desta última são de dimensões superiores (Antonson *et al.*, 2011; Kaizer, De Oliveira-Ogliari, Cenci, Opdam, & Moraes, 2014).

Note-se que, quando o microrelevo de uma superfície apresenta altos e baixos, de irregularidades superiores ao comprimento de onda da luz visível que sobre ele incide (cerca de 0,5 μm), a luz é dispersa nas referidas ranhuras e o material surge com um acabamento mate, isto é, sem aparência brilhante e com um resultado estético inferior (Joniot, Salomon, Dejou, & Grégoire, 2006).

É de notar que a cor da luz refletida é predominante quando comparada com a cor natural do material restaurador. Neste sentido, estando dependente da microgeometria de superfície, um brilho mais elevado pressupõe uma diminuição na diferença de cor entre um material restaurador e o próprio esmalte dentário, o que proporciona uma aparência estética superior (Joniot *et al.*, 2006; Antonson *et al.*, 2011).

1.2.1.5.3 Opalescência Versus Fluorescência

A opalescência é uma propriedade que permite que um material adquira uma aparência azulada quando a luz que sobre ele incide é refletida, ou uma aparência alaranjada/acastanhada quando a luz é transmitida.

Note-se que existem certos pigmentos (opalescentes), utilizados na execução de restaurações estéticas em resina composta, que permitem a caracterização do halo incisal a nível interproximal e margens sem esmalte do dente a reabilitar.

Pelo contrário, a fluorescência é a propriedade que permite que um material absorva a luz incidente e que a emita espontaneamente num comprimento de onda mais longo. Desta forma, é importante referir que a fluorescência só é observada quando a luz incidente se encontra na gama de comprimento de onda ultravioleta (Paravina, 2013).

1.2.1.5.4 Iridescência

A iridescência corresponde ao efeito de arco-íris produzido nas superfícies, na medida em que estas aparentam diferentes cores consoante a iluminação e/ou o ângulo segundo o qual são observadas (Paravina, 2013). Desta forma, caracterizam-se pela oscilação de luz existente entre a dentina e o esmalte na camada translúcida (Urzal, 2009).

1.2.2 Propriedades Mecânicas

As propriedades mecânicas de um material correspondem às medições da resistência à deformação ou à fratura, sob uma força externa que é aplicada diretamente sob o referido material (Bayne & Thompson, 2013; Anusavice *et al.*, 2013). Assim, atendendo à sua relevância, algumas das propriedades mecânicas das resinas compostas são enunciadas e caracterizadas no ponto seguinte.

1.2.2.1 Módulo de elasticidade

O módulo de elasticidade de um biomaterial evidencia a rigidez ou flexibilidade do mesmo, na medida em que um material mais flexível apresenta um menor módulo de elasticidade, ao passo que um material é mais rígido quando o seu módulo de elasticidade é superior (Anusavice *et al.*, 2013; Heymann *et al.*, 2013).

Em termos da aplicação prática deste conceito, demonstra-se a importância desta propriedade, sobretudo em restaurações Classe V, uma vez que são necessárias resinas compostas mais flexíveis para suportar tensões provenientes de contactos oclusais mais fortes, nomeadamente quando existe concentração de *stress* oclusal nas regiões cervicais do dente restaurado (Heymann *et al.*, 2013).

Note-se que o esmalte apresenta um módulo de elasticidade três vezes superior ao da dentina, sendo, portanto, um material mais rígido e frível. Desta forma, entende-se que a dentina consegue suportar uma deformação plástica significativa, sob cargas compressivas, antes de fraturar (Anusavice *et al.*, 2013).

Por outro lado, os materiais mais flexíveis protegem, mais facilmente, a região de

interface entre o material restaurador e a estrutura dentária (Heymann *et al.*, 2013), sendo fundamental que o clínico avalie cada situação clínica e pondere sobre quais os materiais a utilizar.

1.2.2.2 Resistência ao Desgaste

A resistência de um material ao desgaste corresponde à sua habilidade em resistir à perda de material à superfície, como resultado do contacto abrasivo com o dente oponente (Heymann *et al.*, 2013).

Esta característica assume importância quando falamos nos movimentos implicados nos contactos oclusais e na escovagem dentária, sendo que o desgaste provém da perda progressiva de substância resultante da interação mecânica entre duas superfícies. São, por isso, considerados os fenómenos de abrasão, adesão, fadiga e corrosão, os quais afetam maioritariamente as partículas de carga inorgânica e as partículas existentes em maior quantidade nas resinas compostas (Wang *et al.*, 2013).

O desgaste dos materiais depende, fundamentalmente, da composição da resina composta no que respeita ao tamanho, forma e conteúdo de partículas de carga inorgânica. Depende igualmente da localização da restauração e dos contactos oclusais que sobre ela podem incidir. No entanto, tem-se vindo a verificar uma evolução acentuada dos materiais restauradores, sobretudo das resinas compostas, no sentido da colmatação das limitações referidas (Heymann *et al.*, 2013).

1.2.3 Polimerização das Resinas Compostas

A polimerização dos materiais pode ser efetuada de duas formas: autopolimerização ou fotopolimerização. Para os materiais de autopolimerização é necessária a mistura de dois componentes (o catalisador e a base), da qual resulta uma reação química que provoca a polimerização do referido material. Tal procedimento pode possibilitar a inclusão de ar na mistura e o aumento da porosidade interna do material, o que provoca uma degradação sucessiva do material. Pode também induzir um tempo de trabalho muito inferior ao necessário para um correto contorno da restauração (Heymann *et al.*, 2013).

Pelo contrário, os materiais de fotopolimerização requerem um gerador ou unidade de luz para que a reação de polimerização se desencadeie. Para que tal ocorra, é necessário que a resina composta contenha um monômero diacrilato com um sistema fotoiniciador, que promove o aparecimento de ligações cruzadas no biomaterial, ao ser irradiado com luz azul (Rawls & Esquivel-Upshaw, 2013). Desta forma, o tempo de trabalho durante a inserção do material é maximizado, é possível a aplicação de técnica incremental durante a execução da restauração, e o biomaterial apresenta uma maior estabilidade de cor e uma menor porosidade interna, o que garante a longevidade da própria restauração direta (Heymann *et al.*, 2013).

1.2.3.1 Contração de Polimerização

À medida que ocorre a polimerização da resina composta, tanto autopolimerização como fotopolimerização, ocorre um endurecimento do referido material e consequente contração do mesmo. Tal contração induz uma separação do material da preparação cavitária do dente a restaurar e portanto, apesar de não ser completamente eliminada, ser minimizada pela aplicação de uma correta técnica adesiva, permitindo assim uma melhor adesão da restauração ao próprio dente (Heymann *et al.*, 2013; Hilton & Broome, 2013).

Quando a preparação cavitária é composta por paredes de esmalte, o processo de contração de polimerização não é tão prejudicial. No entanto, quando estamos perante uma preparação do dente mais extensa e que envolva a superfície radicular, pode ocorrer formação de *gaps* na junção do material restaurador com a referida superfície (Heymann *et al.*, 2013).

Outro conceito importante para minimizar a contração durante a polimerização de um material é o fator de configuração (ou Fator C), isto é, a relação entre a área de superfície aderida de uma restauração e a área não aderida ou área de superfície livre. Por este motivo, quanto maior o fator C, maior será o potencial da restauração em “descimentar” da estrutura dentária previamente preparada, decorrente dos efeitos da polimerização do material (Heymann *et al.*, 2013; Rawls & Esquivel-Upshaw, 2013).

Note-se que a adição de incrementos no interior da preparação cavitária (técnica incremental) e a utilização de linhas de quebra de stress oclusal (como, por exemplo,

resinas fluídas) permitem minimizar o efeito de contração de polimerização acima descrito (Heymann *et al.*, 2013).

1.3. Resinas Compostas

As resinas compostas são os materiais mais utilizados na reabilitação direta da região anterior da cavidade oral, tendo em conta que cumprem todos os requisitos no que respeita à preservação do dente, características estéticas e durabilidade (Vargas *et al.*, 2013; Demarco *et al.*, 2015).

Entende-se que as resinas compostas são materiais constituídos por polímeros unidos por ligações cruzadas, reforçados por uma dispersão de vidro, cristais e partículas de carga orgânica (matriz orgânica) e/ou pequenas fibras (partículas de carga inorgânica), unidas à matriz por agentes de união (Rawls & Esquivel-Upshaw, 2013).

1.3.1 Composição

1.3.1.1. Matriz Orgânica

A matriz orgânica é um material resinoso plástico que forma uma estrutura contínua, à qual estão agregados os restantes componentes das resinas compostas. Corresponde a uma mistura de monómeros dimetacrilatos aromáticos e/ou alifáticos como, por exemplo, o Bisfenol-Glicidil-Metacrilato (Bis-GMA), sendo este o mais utilizado. (Rawls & Esquivel-Upshaw, 2013).

Em substituição do Bis-GMA, existem outros monómeros que entram na constituição da matriz orgânica, nomeadamente o Uretano Dimetacrilato (UDMA), o Bisfenol-A-etoxilato-dimetacrilato (Bis-EMA) e outros que conferem menor viscosidade à resina composta, como por exemplo o Trietileno-Glicol-Dimetacrilato (TEGDMA) (Vargas *et al.*, 2013).

1.3.1.2. Partículas de Carga Inorgânica

As partículas de carga inorgânica conferem à resina composta melhores propriedades físicas e mecânicas, nomeadamente: maior translucidez, redução da contração de polimerização, menor coeficiente de expansão térmica, maior resistência às forças mastigatórias, o que torna o material mais denso e menos suscetível ao desgaste. Assim sendo, quanto maior a percentagem de partículas de carga inorgânica, maiores serão as propriedades físicas e mecânicas das resinas compostas, atingindo-se um limite a partir do qual o material se torna demasiado viscoso para a manipulação em prática clínica. São exemplos destas partículas: o óxido de zircónio, óxido de alumínio, óxido de zinco ou dióxido de sílica; estrôncio, vidros de bário e outros metais pesados que, ao absorverem os Raio-X, aumentam a radiopacidade do material, facilitando assim o diagnóstico clínico (Rawls & Esquivel-Upshaw, 2013; Vargas *et al.*, 2013).

Atualmente, sabe-se que quanto mais dispersas estão as partículas de carga inorgânica na matriz de resina, melhores serão as propriedades do polímero.

Por outro lado, sabe-se que estas partículas protegem a matriz orgânica das forças aplicadas sobre a restauração direta, apresentando influência direta sobre as propriedades de superfície da resina composta, tais como a rugosidade e o brilho de superfície (Kaizer *et al.*, 2014).

1.3.1.3 Agentes de União

Os agentes de união que permitem a adesão química das partículas de carga inorgânica à matriz resinosa podem ser agentes de titânio e zircónio. No entanto, os mais utilizados são os organsilanos, como por exemplo: Y-metacriloxipropil trimetoxissilano (Vargas *et al.*, 2013).

Na presença de água, os grupos metoxi ($-\text{OCH}_3$) são hidrolizados em grupos silanóis ($-\text{Si-OH}$), unindo-se a outros silanos na superfície da carga através de uma ligação silânica e formando, assim, grupos metacrilatos organosilânicos. No momento da polimerização do material, estes últimos formam ligações covalentes com a resina composta, completando o processo de união, necessário ao desempenho clínico das resinas compostas (Manhart, Kunzelmann, Chen, & Hickel, 2000; Rawls & Esquivel-Upshaw,

2013).

A importância deste agente de união prende-se com a existência de uma massa coesa, em que não haja dispersão das partículas de carga inorgânica na matriz orgânica. Desta forma, a matriz polimérica transfere as tensões para as partículas de carga de maior módulo de elasticidade, tornando-as mais rígidas e evitando assim o desgaste em redor desta mesma matriz (Rawls & Esquivel-Upshaw, 2013; Vargas *et al.*, 2013).

1.3.1.4 Sistema Ativador-Iniciador

O sistema ativador-iniciador é o sistema responsável pela conversão da resina composta, mais ou menos viscosa, num material duro e que mantenha essa dureza ao longo do tempo (Rawls & Esquivel-Upshaw, 2013).

A polimerização dos monómeros constituintes da resina composta é feita através de uma reação de adição iniciada por radicais livres, gerados por ativação química, ativação por energia externa (luz) ou uma combinação de ambas (Rawls & Esquivel-Upshaw, 2013; Vargas *et al.*, 2013).

As resinas fotopolimerizáveis são, atualmente, as mais utilizadas devido à existência de um tempo de trabalho mais facilmente controlável e à existência de uma melhor e maior profundidade de polimerização.

Neste tipo de resinas, o sistema de iniciação dos radicais livres é constituído por um fotoiniciador e por uma amina iniciadora, que apenas reagem entre si quando expostos à luz azul (de comprimento de onda que ronda os 468 nm). A interação entre estes dois componentes, resulta na formação de radicais livres que iniciam a polimerização por adição (Rawls & Esquivel-Upshaw, 2013).

Atualmente, o fotoiniciador mais utilizado é a canforoquinona (CQ), que absorve a luz azul num comprimento de onda situado entre os 400 nm e os 500 nm. Combinado com o fotoiniciador, é também necessária a presença de uma amina iniciadora, como o dimetilaminoetil metacrilato (DMAEMA) (Vargas *et al.*, 2013).

Ambos os componentes estão presentes na resina composta em pequenas quantidades, sendo necessária uma quantidade de 0,2% em peso de CQ e de 0,15% de DMAEMA

(Rawls & Esquivel-Upshaw, 2013).

1.3.1.5 Inibidores

Os inibidores de polimerização aumentam o tempo de vida útil da resina composta, na medida em que impedem a polimerização espontânea do material, aumentando o tempo de trabalho das resinas quimicamente ativadas (Rawls & Esquivel-Upshaw, 2013).

Os inibidores têm um elevado potencial de reatividade com os radicais livres na medida em que, quando há uma exposição à luz, o inibidor inibe a propagação da cadeia, impedindo a capacidade do radical em iniciar o processo de polimerização. O inibidor mais comumente utilizado é o hidroxitolueno butilado (HTB), presente numa concentração de 0,01% em peso (Peutzfeldt, 1997; Rawls & Esquivel-Upshaw, 2013).

1.3.1.6 Pigmentos e Opacos

Os pigmentos e opacos são modificadores óticos que permitem uma melhoria na aparência da resina composta, nomeadamente no que se refere à combinação da sua cor com a cor da estrutura dentária (Robbins, 2013).

A coloração é atingida pela adição de pigmentos, fundamentalmente constituídos por óxidos metálicos, existentes em pequenas quantidades na resina composta (Rawls & Esquivel-Upshaw, 2013).

Pelo contrário, a translucidez/opacidade é necessária para simular a dentina e o esmalte dentários. Quanto menor a quantidade de opacos na resina composta, maior será a passagem de luz através do material e maior será a sua translucidez (Urzal, 2009).

Atualmente, os opacos altamente efetivos e os mais utilizados nas resinas compostas são o dióxido de titânio e o óxido de alumínio, presentes em quantidades muito reduzidas (0,001% a 0,007% em peso). Assim sendo, cores mais escuras e opacas apresentam uma menor profundidade de polimerização, quando fotopolimerizadas, e requerem um maior tempo de exposição à luz ou a aplicação de camadas de menor espessura (Rawls & Esquivel-Upshaw, 2013).

1.3.2 Classificação das Resinas Compostas

As resinas compostas são classificadas consoante o número médio de partículas de carga inorgânica existentes em maior número no material (Rawls & Esquivel-Upshaw, 2013).

1.3.2.1 Resinas Compostas Macroparticuladas

As resinas macroparticuladas são as resinas que apresentam partículas de carga de maiores dimensões, em comparação com as restantes categorias, sendo que o tamanho destas partículas varia entre 8 μm e 12 μm . São exemplos destas partículas de carga a sílica amorfa e o quartzo, podendo, no entanto, estar presentes algumas partículas de até 50 μm (Rawls & Esquivel-Upshaw, 2013).

Neste tipo de resina, as partículas de carga ocupam uma percentagem de 70% a 80% em peso do total do material, estando estas circundadas por uma concentração significativa de matriz orgânica (Heymann, 2013).

As resinas macroparticuladas apresentam propriedades melhoradas quando comparadas com as resinas acrílicas, no entanto muito diferentes em relação à estrutura dentária (esmalte e dentina). Estas diferenças vão contribuir para o acúmulo de tensões na interface resina-dente, devido aos processos de expansão e contração que ocorrem na resina. Surgiu assim a necessidade de serem criadas resinas onde estas tensões sejam reduzidas, aumentando assim a durabilidade das restaurações diretas (Rawls & Esquivel-Upshaw, 2013).

Por outro lado, as resinas macroparticuladas apresentam uma maior rugosidade de superfície devido à abrasão seletiva da matriz orgânica, deixando expostas as partículas de carga (mais resistentes). Esta rugosidade de superfície conduz a um aumento da descoloração das restaurações ao longo do tempo, pela suscetibilidade das superfícies em reter pigmentos (Heymann *et al.*, 2013; Rawls & Esquivel-Upshaw, 2013).

1.3.2.2 Resinas Compostas de Partículas Pequenas

As resinas de partículas pequenas foram criadas com o intuito de minimizar as

desvantagens decorrentes das resinas macroparticuladas, no sentido de diminuir a rugosidade de superfície das restaurações diretas, diminuir a sua suscetibilidade à descoloração e aumentar a sua durabilidade (Lutz & Phillips, 1983).

Nesse sentido, as partículas de carga inorgânica foram moídas até um tamanho de 0,5 μm a 3 μm , permitindo a existência de uma maior quantidade de compostos da matriz orgânica (perfazendo uma percentagem de 80% e 90% em peso).

A carga constituinte deste tipo de resina corresponde a partículas moídas revestidas por silano, sendo normalmente acrescentada sílica coloidal (5% em peso), de forma a melhorar a viscosidade da resina e, conseqüentemente, a sua compactação na cavidade (Rawls & Esquivel-Upshaw, 2013).

Certas propriedades, como a resistência à compressão e o módulo de elasticidade, são superiores em relação às resinas macro e microparticuladas, devido à quantidade aumentada de partículas de carga. Nesse sentido, também o coeficiente de expansão térmica e a rugosidade de superfície são menores, o que confere maior resistência ao desgaste e menor contração de polimerização às resinas de partículas pequenas, quando comparadas com as resinas macroparticuladas (Lutz & Phillips, 1983).

Devido às propriedades físicas superiores e elevada resistência, as resinas compostas de pequenas partículas são mais indicadas em regiões com maiores tensões mastigatórias e maior tendência ao desgaste. Ainda assim, não são facilmente polidas e não alcançam uma rugosidade de superfície baixa, necessária às restaurações diretas de dentes anteriores (Rawls & Esquivel-Upshaw, 2013).

1.3.2.3 Resinas Compostas Microparticuladas

As resinas compostas microparticuladas são fundamentalmente constituídas por partículas de sílica coloidal, que apresentam um tamanho médio de 40 nm a 50 nm. Dessa forma, apesar da elevada capacidade de polimento, as propriedades destas resinas estão fortemente condicionadas pela quantidade de partículas de sílica existentes. Quanto maior for a quantidade de partículas de sílica presentes no material, maiores seriam as propriedades da referida resina. No entanto, a adição de grandes quantidades de sílica coloidal comprometeria a viscosidade do material e conseqüentemente a sua manipulação

clínica (Da Costa, Ferracane, Paravina, Mazur, & Roeder, 2007).

Nesse sentido, e com vista a melhorar as características das resinas microparticuladas, foram incorporados, nas partículas de sílica, as partículas de carga pré-polimerizada (PPRF) (Rawls & Esquivel-Upshaw, 2013).

As partículas de resina pré-polimerizada não sofrem contração quando a resina é polimerizada. Desta forma, o teor de carga inorgânica é maximizado, a contração de polimerização é minimizada e a superfície da resina é mais facilmente polida (Rawls & Esquivel-Upshaw, 2013; Vargas *et al*, 2013).

As resinas microparticuladas são, de todas as resinas referenciadas, as que permitem um melhor polimento de superfície, demonstrando qualidades estéticas superiores, apesar das suas reduzidas propriedades mecânicas (razão pela qual são maioritariamente utilizadas em regiões sujeitas a um reduzido stress oclusal) (Lu, Lee, Oguri, & Powers, 2006; Vargas *et al*, 2013).

Apesar da sua indicação primária para regiões estéticas, este tipo de resina composta tende a absorver mais água devido ao aumento do teor em resina, razão pela qual demonstra um decréscimo na estabilidade de cor a longo-prazo (Vargas *et al*, 2013).

É também um tipo de resina bastante suscetível ao desgaste em lascas nas margens da restauração e com uma baixa resistência à tração, devido à fraca união existente entre as partículas de carga pré-polimerizada e a matriz orgânica clinicamente polimerizada. Por este motivo, não são indicadas para regiões sujeitas a elevadas tensões mastigatórias (Rawls & Esquivel-Upshaw, 2013; Vargas *et al*, 2013).

1.3.2.4 Resinas Compostas Microhíbridas

As resinas híbridas são fundamentalmente constituídas por micropartículas (0,04µm) e partículas pequenas (0,4 µm a 4 µm), conferindo à resina um alto nível de preenchimento da superfície, o que lhes confere excelentes propriedades físicas, quando comparados com as resinas microparticuladas (Vargas *et al*, 2013).

Como o nome indica, este tipo de resina é constituído por dois tipos de partículas de carga: cargas de sílica coloidal e partículas de vidro que contêm metais pesados (perfazendo um

conteúdo de carga de, aproximadamente, 75% a 80% em peso) (Rawls & Esquivel-Upshaw, 2013).

Atualmente, este tipo de resinas apresenta, na sua composição, partículas de dimensões com menos de 1 μm , razão pela qual se adotou a designação de resinas microhíbridas, que se revelam mais facilmente manipuladas e com melhores resultados de manutenção do polimento ao longo do tempo (Vargas *et al.*, 2013).

1.3.2.5 Resinas Compostas Nanoparticuladas

As resinas nanoparticuladas apresentam uma composição muito semelhante às resinas microparticuladas, às quais foram incorporadas nanopartículas. Desta forma, foi possível melhorar as propriedades mecânicas, de manipulação e de polimento das resinas compostas, combinando assim as vantagens das resinas microparticuladas com as vantagens das resinas microhíbridas (Janus, Fauxpoint, Arntz, Pelletier, & Etienne, 2010; Vargas *et al.*, 2013).

As nanopartículas são partículas de zircônia-sílica, caracterizadas por apresentarem dimensões entre 1 nm e 100 nm, conferindo às resinas uma baixa contração de polimerização, que será tão reduzida quanto maior for o volume de partículas de carga inorgânica (Janus *et al.*, 2010; Rodríguez, Giraldo, & Casanova, 2015).

No entanto, as nanopartículas só podem ser incorporadas na resina composta numa concentração inferior a 10 WT% (percentagem de peso), o que implica uma diminuição muito acentuada das propriedades mecânicas das resinas compostas e que apenas seria superior com uma concentração de nanopartículas superior a 60 WT% (Rodríguez, Giraldo, & Casanova, 2015).

Por esse motivo, foram introduzidos os agregados de nanopartículas, mais comumente designados *nanoclusters*. Os *nanoclusters* apresentam uma estrutura porosa que induz uma elevada conectividade com a matriz orgânica, aumentando a dissipação do stress mecânico que é aplicado diretamente sobre a resina composta (Rodríguez *et al.*, 2015). Desta forma, a incorporação dos *nanoclusters* como parte das partículas de carga inorgânica das resinas, permite uma melhoria nas propriedades das mesmas, sobretudo no que se refere à resistência à fratura, resistência à propagação de fraturas, aparência

estética, corrosão estética e retenção do polimento a longo-prazo (Ergücü & Türkün, 2007; Wang *et al.*, 2013). Neste sentido, as resinas nanoparticuladas apresentam as propriedades mecânicas de uma resina microhíbrida e possibilitam um resultado estético comparável ao de uma resina microparticulada, o que justifica a textura de superfície suave após o polimento, muito característica deste tipo de materiais (Janus *et al.*, 2010; Barakah & Taher, 2014; Kaizer *et al.*, 2014).

Relativamente ao acabamento e polimento deste tipo de resinas, é de notar que as resinas que contêm nanopartículas apresentam, teoricamente, menor suscetibilidade à perda de partículas causada pelo contacto com os materiais abrasivos dos sistemas de polimento, o que diminuiria a rugosidade da superfície do tipo de resina mencionado (Ferreira *et al.*, 2015).

1.3.2.6 Resinas Compostas Nanohíbridas

Atualmente, a nanotecnologia evoluiu no sentido do fabrico de novas resinas compostas com partículas de carga inorgânica inferiores a 1 µm (dimensões *submicron*). Neste sentido, estas partículas podem ser medidas em µm ou nm, o que fez com que as resinas que as contêm, adquirissem a designação de resinas nanohíbridas (Vargas *et al.*, 2013).

Este tipo de resinas foi desenvolvido de forma a que pudesse ser aplicado em qualquer região da cavidade oral com um elevado polimento, retenção de brilho superior, e com elevadas propriedades mecânicas, de forma a poder suportar as forças de regiões de elevado stress mastigatório (Aytac *et al.*, 2016). Apresentam na sua constituição as partículas PPRF, características das resinas microparticuladas, minimizando assim a contração de polimerização destes materiais restauradores (Vargas *et al.*, 2013).

De um modo geral, as resinas nanohíbridas são facilmente manipuladas e polidas, tal como as resinas microparticuladas demonstrando, contudo, uma retenção do polimento e brilho a longo-prazo muito superior a estas últimas (Aytac *et al.*, 2016).

1.3.3 Limitações da Utilização de Resinas Compostas

Apesar das suas elevadas propriedades estéticas, as resinas compostas utilizadas para

restaurações do setor anterior, apresentam diversas desvantagens, derivadas das suas propriedades físicas e mecânicas. São exemplos destas limitações: a contração que ocorre após polimerização do material; a baixa resistência; a necessidade de utilização de isolamento absoluto, em contexto clínico, para uma correta adesão do material à superfície dentária; a propensão para lascas; a baixa adesão à dentina e superfícies radiculares (em contraste com a adesão ao esmalte dentário) e ainda o facto de não apresentarem propriedades antibacterianas (Vargas *et al.*, 2013).

Ao longo dos anos, têm sido vários os estudos que identificam as principais razões para a substituição de restaurações anteriores, sendo estas: a descoloração marginal e/ou da superfície, o aparecimento de lesões de cárie secundária, as fraturas da restauração e a baixa adaptação marginal (van Noort & Davis, 1993; Demarco *et al.*, 2015).

Todas estas razões demonstram a existência das desvantagens acima descritas, associadas às resinas compostas utilizadas em restaurações estéticas.

1.4. Acabamento e Polimento das Restaurações Diretas Anteriores

Atualmente, sabe-se que o desgaste de uma superfície, provocado pelas partículas abrasivas do polimento, é definido como um fenómeno cumulativo que visa a remoção de material em sucessivas partículas de detritos, inicialmente por processos mecânicos aplicados diretamente sobre a referida superfície (Jefferies, 2007).

Com o passar do tempo, tem-se vindo a comprovar a eficácia da aplicação das técnicas de acabamento e polimento em restaurações anteriores, com o intuito de se obter uma superfície o mais suave possível, e de modo a aumentar a resistência a alterações de cor (Türkün & Leblebicioğlu, 2006).

O polimento das resinas compostas depende maioritariamente do tamanho, forma, dureza e quantidade de partículas de carga inorgânica. Neste sentido, quanto mais pequenas e quanto maior for a quantidade de partículas de carga inorgânica, melhor será a textura de superfície das resinas compostas (Janus *et al.*, 2010). Desta forma, para melhorar a eficiência de um sistema de polimento é necessário que as partículas abrasivas tenham uma dureza superior quando comparadas com as partículas de carga inorgânica do material restaurador. Caso contrário, o agente de polimento apenas removerá a matriz

orgânica da resina composta, deixando sobressair as partículas de carga da superfície do material (Ergücü & Türkün, 2007).

Por outro lado, a efetividade dos instrumentos de polimento está diretamente relacionada não só com a dureza das partículas que os constituem, como também com as propriedades físicas (nomeadamente a flexibilidade) dos materiais onde são incorporados os elementos abrasivos do sistema (Ergücü & Türkün, 2007; Janus *et al.*, 2010). Assim sendo, entende-se que a superfície mais suave que se pode atingir numa resina composta é conseguida a partir da condensação sobre uma película de matriz de poliéster. No entanto, a nível clínico, não é possível manter esta rugosidade devido à necessidade de remoção de excessos da resina composta, de modo a restabelecer a forma anatómica do dente, a oclusão e a não comprometer as suas propriedades mecânicas, biocompatibilidade, estabilidade química e aumento da descoloração (Janus *et al.*, 2010; Ferreira *et al.*, 2015).

Por esse motivo, quando se avaliam diferentes técnicas de acabamento e polimento, é necessário considerar a eficácia na manutenção de uma superfície com baixa rugosidade, bem como na habilidade de se obter uma superfície brilhante (Antonson *et al.*, 2011; Kaizer *et al.*, 2014).

É de notar que os procedimentos de acabamento e polimento das restaurações diretas, sobretudo no setor anterior, requerem a utilização sequencial de instrumentos com uma granulometria gradualmente mais pequena, com o intuito de se atingir o melhor brilho de superfície. Tais instrumentos serão assim descritos, mais pormenorizadamente, nos capítulos seguintes (Ergücü & Türkün, 2007).

1.4.1 Procedimentos Clínicos

Atualmente, entende-se que os procedimentos clínicos finais de uma restauração direta tanto em dentes do setor anterior como do setor posterior, compreendem três passos básicos (contorno, acabamento e polimento) e um último procedimento de caráter opcional (selamento de superfície) (Vargas *et al.*, 2013).

Note-se que os procedimentos clínicos do acabamento/polimento de restaurações anteriores permitem, não só conferir às restaurações uma superfície com boa aparência estética e elevado brilho, como também eliminar áreas de retenção, preparando uma base

estável mais resistente à descoloração e com uma baixa taxa de desgaste (Aytac *et al.*, 2016).

1.4.1.1 Contorno

O contorno é descrito como o procedimento que permite refinar os contornos e margens de uma restauração, de modo a produzir uma suave transição entre o dente e a restauração, restabelecendo o contacto com os dentes adjacentes, reduzindo a rugosidade de superfície e restabelecendo a função. É portanto o procedimento clínico executado com instrumentos de maior abrasividade, de forma a remover rapidamente os excessos de material restaurador (3M™ *Oral Care*, 2016).

Reconhece-se que, para tal procedimento, é fundamental que o clínico conheça a anatomia exata da dentição natural, de modo a obter bons contornos da restauração a executar.

O contorno de uma restauração direta pressupõe a existência de quatro passos sequenciais, os quais serão, de seguida, enumerados (Vargas *et al.*, 2013):

- 1º Passo: Avaliação e retificação das dimensões da restauração em relação ao contacto com os dentes adjacentes e inclinação do ângulo incisal que apresentam.
- 2º Passo: Ajustes de acordo com a verificação da oclusão em máxima intercuspidação (MIC) e em movimentos excursivos.
- 3º Passo: Localização e ajustes dos ângulos das linhas de transição mesiofacial e distofacial.
- 4º Passo: Ajustes e suavização dos contornos do dente (tanto incisais como gengivais).

1.4.1.2 Acabamento e Caracterização

O acabamento de superfície consiste no contorno grosseiro nas regiões das margens e de interface das restaurações, no sentido de manter a anatomia desejada e suavizar a transição restauração/dente natural (Ergücü & Türkün, 2007; Vargas *et al.*, 2013). Dessa forma, é o procedimento que remove ranhuras, cavidades e outras irregularidades provocadas pelos instrumentos de contorno, criando assim uma superfície mais suave

(Jefferies, 2007; Antonson *et al.*, 2011).

Se o procedimento de acabamento não representar uma simulação fidedigna dos contornos do dente adjacente, a restauração não será corretamente camuflada nos tecidos circundantes (Vargas *et al.*, 2013). É portanto considerado uma etapa de pré-polimento das restaurações diretas, na medida em que remove riscos e irregularidades mais leves (3M™ *Oral Care*, 2016).

Note-se que é importante que o clínico procure estabelecer uma anatomia dentária adequada antes da fotopolimerização do biomaterial, durante a confecção de uma restauração direta. Só assim é possível minimizar o procedimento de acabamento da resina composta, impedindo que este produza um grande número de irregularidades e ranhuras na superfície restaurada (Vargas *et al.*, 2013; Aytac *et al.*, 2016). Por outro lado, considera-se também o procedimento de caracterização de uma superfície, que consiste em observar e copiar, de forma o mais fidedigna possível, os detalhes da dentição adjacente à restauração efetuada (Vargas *et al.*, 2013).

1.4.1.3 Polimento

O polimento está associado à redução da rugosidade de superfície e criação de uma camada de brilho de alta intensidade, posteriormente ao passo de acabamento e caracterização da resina composta (Ergücü & Türkün, 2007; 3M™ *Oral Care*, 2016).

Nesse sentido, permite criar um lustre similar ao do esmalte dentário, criando uma superfície o mais homogênea possível e reduzindo a energia de superfície da restauração direta (Jefferies, 2007; Antonson *et al.*, 2011).

É o procedimento que utiliza os instrumentos de menor abrasividade (fino ou ultrafinos), já que não pretende eliminar material em excesso existente à superfície da restauração, mas sim criar um elevado lustre e brilho, que iguale a restauração à própria estrutura do dente natural. (Vargas *et al.*, 2013; 3M™ *Oral Care*, 2016).

1.4.1.4 Selamento de Superfície (*Glazing* ou *Rebonding*)

O selamento de superfície, também designado de *rebonding* ou *glazing*, é sempre efetuado após os procedimentos de acabamento e polimento de uma restauração direta. Nesse sentido, o protocolo para um correto selamento de superfície pressupõe a aplicação de um sistema adesivo ou de uma resina de baixa viscosidade, sob a superfície das margens da restauração, sendo feita de seguida nova fotopolimerização. Assim sendo, é melhorada a integridade marginal da restauração, aumento da sua estabilidade de cor, melhoria da resistência à fratura, minimizando também a coloração do próprio biomaterial (Gonçalves, Teixeira, Rodrigues, de Oliveira, & Salvio, 2012; Vargas *et al.*, 2013).

Atualmente, é discutível a utilização desta nova camada sob a superfície da restauração, na medida em que é facilmente desgastada ao longo do tempo. Por esse motivo, muitos são os autores que evidenciam que o selamento de superfície não é necessário quando é aplicado um bom protocolo de acabamento e polimento sobre as restaurações de dentes anteriores (Vargas *et al.*, 2013).

1.4.2 Instrumentos

Os instrumentos de acabamento e polimento podem ser classificados em dois tipos, de acordo com o modo de abrasão da superfície onde são aplicados: abrasão a dois corpos ou abrasão a três corpos. No primeiro caso, as partículas abrasivas estão ligadas diretamente ao substrato (que inclui a maioria dos instrumentos de acabamento/polimento, como acontece com as brocas abrasivas, borrachas e discos de polimento, entre outros). No segundo caso, existem partículas abrasivas dispersas intencionalmente entre o instrumento e o substrato, partículas estas que entram em movimento e são responsáveis pelo desgaste da superfície (como é o caso das pastas de polimento) (Jefferies, 2007).

Podem apresentar, na sua constituição, partículas diamantadas, de óxido de alumínio (Al_2O_3), carbetos de silício, carbetos de tungsténio, dióxido de silício, óxido de zircónio e silicato de zircónio (Aytac *et al.*, 2016).

O óxido de alumínio apresenta uma dureza de 9 na escala de *Mohs*, permitindo a fácil remoção de detritos da superfície de uma resina composta. O mesmo acontece com as

partículas diamantadas (com uma dureza de 10 na escala de *Mohs*), o que permite a manutenção do formato das referidas partículas, aumentando assim a resistência do material à fratura (Jefferies, 2007).

Os componentes acima evidenciados são apresentados na tabela seguinte, que realça a dureza dos mesmos em relação ao esmalte dentário e à resina composta (Tabela 1).

Tabela 1 - Dureza relativa de vários componentes abrasivos, estrutura dentária natural e materiais restauradores

Materiais abrasivos	Dureza (Escala de Mohs)	Exemplo de dispositivos
Diamante	10	Brocas diamantadas de corte e acabamento, borrachas de polimento de elastômero (<i>rubberized</i>), pastas abrasivas de polimento
Carbeto de Silício	9-10	Discos abrasivos de acabamento e polimento
Carbeto de Tungstênio	9	Brocas de acabamento de Carbeto de tungstênio
Óxido de Alumínio	9	Pedra branca, borrachas de polimento de elastômero (<i>rubberized</i>), Discos abrasivos de acabamento e polimento, pastas abrasivas de polimento
Silicato de zircônio	7-7,5	Pastas abrasivas profiláticas
Esmalte	5	Estrutura natural do dente
Dentina	3-4	Estrutura natural do dente
Resina Composta	5-7	Material restaurador

Fonte: Adaptado de Jefferies, 2007, p.386

1.4.2.1 Brocas Diamantadas e de Carbeto de Tungstênio

As brocas diamantadas são utilizadas para contorno e ajuste da superfície de um biomaterial (como por exemplo resina composta), dependendo fundamentalmente das propriedades abrasivas do instrumento (Jefferies, 2007). Assim sendo, são maioritariamente utilizadas no desenvolvimento da macro e micro-anatomia da restauração direta efetuada. Por esse motivo, são mais eficientes na remoção de material restaurador, deixando uma superfície bastante rugosa, o que pressupõe a utilização posterior de outros instrumentos de polimento (Vargas *et al.*, 2013).

Estas brocas apresentam, na sua superfície abrasiva, pequenas partículas de diamante industrial, variando gradualmente de um grão ultrafino (7 µm) para um grão grosso (50 µm). Geralmente, o procedimento clínico deste tipo de instrumentos pressupõe a utilização sequencial de brocas de maior para menor granulometria.

As brocas de carbetto de tungsténio são constituídas por múltiplas lâminas que variam entre 8 a 40, sendo mais indicadas para o contorno e acabamento de áreas marginais ou zonas cervicais, devido ao seu baixo poder abrasivo (Jefferies, 2007).

Ambos os tipos de brocas de polimento devem ser utilizados com água, de forma a haver dissipação do calor. No entanto, podem ser utilizadas a seco, de forma a proporcionar uma melhor visualização das margens e anatomia da superfície. É ainda recomendado que estes instrumentos sejam utilizados a uma baixa rotação em turbina de alta-rotação, no sentido de não ocorrer sobreaquecimento do biomaterial (Jefferies, 2007; Vargas *et al.*, 2013).

Entende-se que as brocas diamantadas, sobretudo as de grão fino, desempenham uma melhor performance no que toca à rugosidade de uma superfície, quando comparadas com as brocas de carbetto de tungsténio. Induzem assim uma superfície mais suave e, consequentemente, um polimento muito superior quando comparados os dois tipos de instrumentos acima referidos (Vargas *et al.*, 2013).

1.4.2.2 Discos e Lixas de Polimento

Os discos e lixas de polimento são constituídos por partículas abrasivas incorporadas num apoio de polímero ou de plástico, constituindo assim uma camada abrasiva bastante fina, o que torna este material um instrumento de utilização única (Jefferies, 2007).

As lixas de polimento são maioritariamente utilizadas para contorno e polimento de superfícies proximais e margens gengivais dos contactos interproximais. São, portanto, constituídas por uma superfície com partículas de metal, utilizada para redução grosseira do material em excesso, ou por uma superfície com partículas de plástico, utilizada no acabamento e polimento da mesma restauração (Vargas *et al.*, 2013).

Na atual prática clínica, é cada vez mais comum a utilização de discos de óxido de alumínio (p.e. Discos *Sof-Lex™*), que apresentam uma dureza muito superior à maioria das partículas de carga inorgânica das resinas compostas. Por esse motivo, é expectável que promovam uma rugosidade de superfície muito baixa e, consequentemente uma superfície muito suave (Antonson *et al.*, 2011).

Por outro lado, estudos revelaram que a pressão exercida nas amostras durante os

procedimentos de acabamento e polimento com discos, não é significativa já que os dispositivos dobram e contrariam a pressão aplicada, criando assim uma superfície mais homogênea (Heintze *et al.*, 2006).

Este tipo de discos de polimento apresenta, no entanto, limitações no que respeita à sua geometria, na medida em que apenas são utilizados em superfícies planas ou convexas, não permitindo o alcance de certos detalhes anatómicos (p.e. fossas e fissuras) (Jefferies, 2007; Antonson *et al.*, 2011).

Apresentam também limitações no que respeita à sua aplicação em superfícies convexas, uma vez que as deixam bastante planas, ao contrário da anatomia convexa e a forma redonda, encontradas em dentes naturais (Varga *et al.*, 2013).

A sua aplicação está indicada preferencialmente para restaurações em dentes no setor anterior (sobretudo, as que envolvem os bordos incisais e ameias incisal e gengival), sendo recomendada a sua utilização sequencial, na medida em que o procedimento clínico visa a aplicação de discos de maior grão para discos com grão fino ou ultrafino (Jefferies, 2007).

No sentido de reverter as limitações dos discos de polimento, foram atualmente criadas as espirais de acabamento e polimento, constituídas por um elastómero termoplástico impregnado em partículas de óxido de alumínio ou diamante. Neste sentido, o formato destes instrumentos, a existência de diversas espiras e a sua flexibilidade, permite uma vasta utilização em todo o tipo de superfícies, ao contrário dos discos de polimento, o que permite também reduzir a necessidade de aplicação de vários materiais de polimento com formas diferentes (borrachas em taça e torpedo, discos, escovas de polimento, entre outros) (3M™ ESPE, 2016).

As espirais são utilizadas, maioritariamente, para acabamento (espiral de grão médio) e polimento (espiral de grão fino) de resinas compostas, com a vantagem de ser um sistema *multi-step* a dois passos e que permite a execução de um polimento adequado de qualquer ângulo de trabalho (Aytac *et al.*, 2016).

A forma das espirais e a sua constituição permite a redução do calor produzido à superfície durante a sua manipulação, sendo esta uma vantagem na utilização deste tipo de equipamentos, em detrimento dos discos de polimento (3M™ Oral Care, 2016).

1.4.2.3 Borrachas de Polimento

As borrachas de polimento são constituídas por partículas abrasivas dispersas numa matriz elástica (sintética, natural, de silicone ou outro polímero sintético), sendo comercializadas em diversas formas e tamanhos, nomeadamente em forma de disco, taça ou torpedo (Jefferies, 2007).

A existência de borrachas com diversas granulometrias e formatos faz com que apresentem diferentes indicações consoante a zona do dente a ser polida. Desta forma, as borrachas de grão grosso estão indicadas para redução grosseira e acabamento do material restaurador, e as borrachas de grão fino indicadas para polimento e criação de elevado brilho nas mesmas superfícies. As diversas vantagens que apresentam sobre os discos de polimento realçam igualmente a sua indicação em variadas superfícies, já que as borrachas permitem o acesso a sulcos, irregularidades desejáveis e superfícies linguais côncavas de dentes anteriores (Vargas *et al.*, 2013).

Um exemplo deste tipo de borrachas é o Sistema Enhance® (*Dentsply, Surrey, Reino Unido*) constituído por borrachas cujas partículas abrasivas de óxido de alumínio e dióxido de silício se encontram dispersas numa matriz de resina polimerizada de uretano dimetacrilato (Dentsply, 2013).

Note-se que a incorporação de partículas de diamante nos instrumentos de polimento, demonstra uma efetividade superior na produção de superfícies suaves, característica dos novos sistemas de borrachas de polimento, como é o caso do sistema acima referido (Jefferies, 2007). Por esse motivo, tem-se vindo a verificar uma utilização mais acentuada de borrachas diamantadas e borrachas sintéticas de silicone, que conferem um brilho superior e reduzem significativamente o tempo de manipulação, aos compostos híbridos (Ergücü & Türkün, 2007).

1.4.2.4 Escovas e Feltros

As novas tecnologias têm-se desenvolvido no sentido da criação de novos métodos e sistemas de polimento, como é o caso das escovas com abrasivos incorporados e os dispositivos de feltro (p.e. *SHP Soft Bristle Brush*), sendo maioritariamente utilizados para alcance de fossas, fissuras e faces interproximais de restaurações a resina composta.

Deste modo, podem conter, na sua composição, partículas diamantadas, de carbetto de silício ou de óxido de alumínio, distribuídas sobre uma base de elastômero (Jefferies, 2007).

1.4.2.5 Pastas de Polimento

As pastas de polimento apresentam, na sua constituição, partículas ultrafinas dispersas ou suspensas, de óxido de alumínio ou de diamante (Lainovic *et al.*, 2014).

As pastas de óxido de alumínio contêm glicerina, sendo que as partículas suspensas apresentam uma média de distribuição inferior a 1 μm . Pelo contrário, as pastas diamantadas, também constituídas por glicerina, apresentam uma média de distribuição na ordem dos 10 μm a menos de 1 μm (Jefferies, 2007).

As pastas constituem um tipo de polimento cuja abrasão se desencadeia a três corpos, uma vez que é necessária a utilização de um dispositivo, neste caso rotatório, para a sua correta aplicação. Por esse motivo, são diversos os estudos que comprovam que o modo, a composição e o tipo de dispositivo de aplicação são tão importantes quanto a composição da própria pasta de polimento (Lainovic *et al.*, 2014).

Nesse sentido, demonstrou-se a eficácia da utilização de uma esponja macia ou de um aplicador de feltro para aplicação direta de uma pasta de polimento, evidenciada pela redução significativa da rugosidade de superfície de uma resina composta.

Note-se que para ambos os tipos de pastas, recomenda-se a renovação da solução, bem como o recurso a água durante a sua aplicação, de forma a impedir a cristalização dos contaminantes coloidais, como é o caso da sílica, responsáveis pelo aparecimento de ranhuras na superfície da resina composta (Jefferies, 2007).

É de referir que a ausência de água, durante a aplicação da pasta de polimento, conduz a um acabamento de superfície agressivo e excessivamente abrasivo, em contraste com a superfície suave que se obteria com a utilização de água durante o referido procedimento (Jefferies, 2007; Lainovic *et al.*, 2014).

Entende-se, portanto, que devido ao elevado lustre que desencadeia na superfície das resinas compostas, as pastas de polimento devem ser utilizadas após contorno,

acabamento e pré-polimento dos referidos biomateriais (com discos ou borrachas de polimento), no sentido de se obter uma superfície com um número mínimo de ranhuras e irregularidades (Jefferies, 2007).

1.4.3 Sistemas *One-Step* vs Sistemas *Multi-Step*

Atualmente, consideram-se sistemas de polimento *one-step* os sistemas constituídos por instrumentos únicos, que poderão ser utilizados para procedimentos tanto de contorno e acabamento, como de polimento das resinas compostas (Ergücü & Türkün, 2007; Barakah & Taher, 2014). Estes sistemas são maioritariamente utilizados no sentido de minimizar o tempo de trabalho durante os procedimentos de acabamento e polimento das restaurações diretas, bem como no sentido de eliminar os riscos de infeção cruzada que advém da prática clínica (Ergücü & Türkün, 2007; Antonson *et al.*, 2011).

Os sistemas *multi-step* são procedimentos executados com recursos a múltiplos instrumentos, geralmente aplicados sequencialmente numa ordem decrescente de abrasividade. Por este motivo, tendo em conta a remoção gradual de material à superfície da restauração, foram vários os estudos que demonstraram que os sistemas *multi-step* se revelam mais eficientes na manutenção de uma superfície mais suave e um efeito de brilho muito superior (Martin Jung, Eichelberger, & Klimek, 2007).

1.5. Métodos de Avaliação da Rugosidade de Superfície de Resinas Compostas

1.5.1 Microscópio de Força Atómica (AFM)

Sabe-se, atualmente, que o Microscópio de Força Atómica (AFM) permite a obtenção de uma imagem que descreve e caracteriza a topografia de uma superfície a três dimensões (3D), com elevada resolução espacial e sobre uma grande variedade de condições (Varanda, Do Prado, Simão, & Dias, 2013).

O perfil 3D a uma escala nanométrica é obtido pela medição das forças de interação entre uma ponta afiada e uma superfície, a uma distância de apenas 0,2 nm a 10 nm. É de notar que a ponta está suportada num *cantilever* flexível, que vai tocando a superfície da amostra suavemente e registando as sucessivas forças de repulsão e atração entre ambas (Oliveira, Albuquerque, Cruz, & Leite, 2012).

Por outro lado, este permite uma medição não destrutiva das amostras a testar, o que constitui igualmente uma grande vantagem deste método de avaliação da rugosidade de um material, na medida em que permite uma avaliação antes e após um tratamento de superfície (Varanda *et al.*, 2013).

É também um método de avaliação que permite aceder a parâmetros quantitativos e qualitativos da rugosidade de superfície de um material, avaliando de forma precisa discrepâncias verticais que surjam na amostra (Heintze *et al.*, 2006; Varanda *et al.*, 2013).

Não se observam diferenças significativas de rugosidade de superfície em amostras analisadas com recurso a AFM ou a outros métodos de avaliação de rugosidade, como é o caso do Microscópio Eletrónico de Varrimento (SEM) (Janus *et al.*, 2010).

1.6. Métodos de Avaliação de Brilho de Resinas Compostas

1.6.1 Glossmeter

A medição do brilho corresponde à avaliação de um parâmetro da rugosidade de superfície, ao mesmo tempo que é possível averiguar a eficácia do polimento efetuado (Antonson *et al.*, 2011).

A luz é direcionada para a superfície da amostra a analisar, a um ângulo definido, sendo que a medição da luz refletida é feita fotoeletricamente. Desta forma, o equipamento mede a intensidade da luz refletida, comparando-a posteriormente com um valor de referência (Heintze *et al.*, 2006; BYK, 2010).

Note-se que todas as medições de brilho, efetuadas com este equipamento, devem ser feitas sob um ângulo de iluminação de, pelo menos, 60° (o que corresponde, aproximadamente, ao ângulo a partir do qual um indivíduo observaria a superfície dentária) (Kaizer *et al.*, 2014).

Por outro lado, é fundamental que o operador proceda à calibração do equipamento antes de iniciar as medições pretendidas, fazendo incidir a luz emitida sobre um espelho ou vidro negro. Desta forma, é possível comparar os resultados obtidos com os valores de referência estipulados para o equipamento a utilizar, permitindo a confirmação da calibração do equipamento (Heintze *et al.*, 2006).

II – OBJETIVOS

O presente trabalho de investigação tem como principais objetivos averiguar as diferenças existentes nas várias superfícies tratadas com sistemas de acabamento/polimento diversificados, permitindo também identificar qual o protocolo de polimento que melhor se adequa às necessidades estéticas das restaurações diretas anteriores, no que concerne tanto à rugosidade de superfície como ao brilho final após polimento.

Nesse sentido, é importante avaliar a correlação e influência que a textura de superfície tem ou não na camada de brilho da restauração final. Por esse motivo, é nosso objetivo retirar conclusões no sentido da comparação entre as duas resinas compostas testadas (nanoparticulada e nanohíbrida), e averiguar as possíveis vantagens da utilização de uma em detrimento de outra.

De uma forma geral, é importante avaliar a necessidade e eficácia da fase final da preparação de uma restauração estética que, a nível prático, poderá desempenhar importantes funções no alcance de um resultado estético e funcional de excelência.

III – HIPÓTESES DE ESTUDO

Hipótese Nula 1: Não existem diferenças significativas no efeito dos diferentes protocolos de acabamento e polimento na rugosidade de superfície e brilho da resina composta A.

Hipótese Nula 2: Não existem diferenças significativas no efeito dos diferentes protocolos de acabamento e polimento na rugosidade de superfície e brilho da resina composta B.

Hipótese Alternativa 1: Existem diferenças significativas no efeito dos diferentes protocolos de acabamento e polimento na rugosidade de superfície e brilho da resina composta A.

Hipótese Alternativa 2: Existem diferenças significativas no efeito dos diferentes protocolos de acabamento e polimento na rugosidade de superfície e brilho da resina composta B.

IV – MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Preparação das amostras e materiais utilizados

Foram testadas duas resinas compostas (Figuras 1 e 2), uma resina nanoparticulada (*Filtek™ Supreme XT*, 3M™ ESPE™) e outra resina nanohíbrida (*Brilliant Everglow™*, Coltene/ Whaledent®) (Tabela 2).

Tabela 2 - Características dos materiais testados

Resina Composta		Tipo de Resina	Cor	Matriz	Partículas de carga			Fabricante	Lote
					Tipo	Tamanho	% por volume		
A	Brilliant Everglow™	Nano-híbrida	A2B2	Bis-GMA Bis-EMA TEGDMA	Vidro Sílica amorfa Óxido de Zinco	0,02-1 µm	56	Coltene/ Whaledent® AG Altstatten, Suíça	H16234
B	Filtek™ Supreme XT	Nano-particulada	A2E (Enamel)	Bis-GMA Bis-EMA TEGDMA UDMA	Zircônia-Sílica <i>Nanoclusters</i>	0,6-1,4 µm	63,3	3M™ ESPE™ (São Paulo, Minnesota, EUA)	N710202
					Nanopartículas (SiO₂)	20nm			



Figura 1 - Brilliant Everglow® (Resina A)

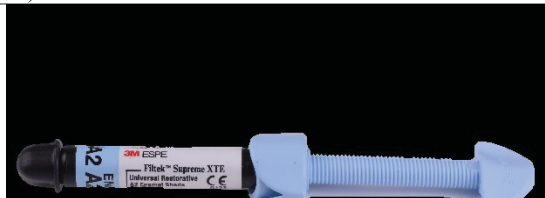


Figura 2 - Filtek® Supreme XT (Resina B)

Foram confeccionadas 50 amostras num molde cilíndrico de aço inoxidável da marca *Smile Line USA Inc* (Colorado, EUA), com 12 mm de diâmetro × 2 mm de altura, com posterior colocação de uma matriz de acetado, de modo a impedir a formação de uma camada de oxigénio na superfície da resina (Aytac *et al.*, 2016). Procedeu-se, de seguida, à colocação de uma placa de vidro por cima da referida matriz de acetato, aplicando uma força constante, de modo a permitir o extravasamento de material, no sentido de nivelar a superfície e eliminar possíveis bolhas de ar que possam existir (Figuras 3 a 8).



Figura 3 - Molde cilíndrico *Smile Line USA*



Figura 4 - Definição da altura (mm) da amostra e colocação do biomaterial no molde cilíndrico



Figura 5 - Compactação do material restaurador contra a base do molde



Figura 6 - Aplicação de uma película de acetato na porção superior do biomaterial



Figura 7 - Colocação de placa de vidro sobre o molde e aplicação de pressão controlada



Figura 8 - Fotopolimerização da amostra

As amostras foram posteriormente fotopolimerizadas com o equipamento *Elipar™ DeepCure-S LED curing light* (3M™ ESPETM, São Paulo, MN, EUA), com uma intensidade de luz de 900 mW/cm^2 , durante 40 segundos, de acordo com as recomendações dos fabricantes. A monitorização da intensidade da radiação foi feita quantitativamente, com recurso a um radiómetro *Curing Radiometer* P/N 10503 Modelo 100 (Danbury, EUA) (Figuras 8 e 9).



Figura 9 - *Curing Radiometer* P/N 10503



Figura 10 - Medição quantitativa da radiação emitida pelo fotopolimerizador (900 mW/cm^2)

No presente estudo, as amostras foram confeccionadas por um único operador, no sentido

de minimizar possíveis erros ou falhas que possam advir da manipulação dos materiais acima mencionados.

As amostras de cada resina (25) foram divididas aleatoriamente em cinco grupos, os quais foram posteriormente submetidos a diferentes protocolos de polimento, tendo sido aplicado apenas um protocolo de acabamento no grupo identificado como grupo controlo (Tabela 3).

Note-se que a aplicação de um protocolo de acabamento no grupo controlo (Protocolo 5), permite criar um grupo de amostras onde não se aplicou protocolo final de polimento, de forma a que, futuramente, se conseguissem retirar conclusões relativamente à eficácia ou não da execução da etapa final do acabamento/polimento das resinas compostas anteriores.

Tabela 3 - Esquematização dos protocolos de polimento aplicados

Passos	Protocolo 1	Protocolo 2	Protocolo 3	Protocolo 4	Protocolo 5 (Controlo)
1º	Disco Sof-Lex™ XT grão médio (laranja escuro)	Espiral Sof-Lex™ de pré-polimento (amarelo)	Disco SwissFlex™ de acabamento (azul)	Disco Sof-Lex™ XT grão médio (laranja escuro)	Broca diamantada de acabamento TDF 135 Serie 014
2º	Disco Sof-Lex™ XT grão fino (laranja claro)	Espiral Sof-Lex™ de polimento (rosa)	Disco SwissFlex™ de polimento (vermelho)	Disco Sof-Lex™ XT grão fino (laranja claro)	
3º	Espiral Sof-Lex™ de pré-polimento (amarelo)		Borracha em espiral de pré-polimento DIATECH® ShapeGuard (rosa)	Borracha em taça do sistema Enhance® Multi-Polishing	
4º	Espiral Sof-Lex™ de polimento (rosa)		Borracha em espiral de polimento DIATECH® ShapeGuard (azul)	Espiral Sof-Lex™ de polimento (rosa)	
5º					Pasta de polimento Diashine® com auxílio de escova SHP Soft Bristle Brush
6º					Disco de camurça

Assumindo a natureza diversificada dos diferentes protocolos de acabamento/polimento acima referidos, são evidenciadas as características específicas de cada um dos instrumentos manuseados (Tabela 4) bem como uma demonstração visual do modo de utilização dos mesmos (Figuras 11 a 29).

Tabela 4 - Caracterização dos Sistemas de Polimento testados

Instrumentos/Sistemas de Polimento	Instrumento (Tipo)	Composição	Fabricante	Lote
Discos Sof-Lex™ XT	Grão Médio (laranja escuro): 29 µm	Óxido de Alumínio, base de poliéster, alumina	3M™ ESPE™ Dental Products, São Paulo, MN, EUA	N779245
	Grão Fino (laranja claro): 14 µm			N774610
Sistema Enhance® Multi-Polishing Points	Borracha em forma de taça (partículas abrasivas de 40 µm)	Óxido de alumínio, sílica, resina polimerizada de uretano dimetacrilato	Dentsply, Surrey, Reino Unido	070615
Espirais Sof-Lex™	Grão Fino: <i>Pre-Polishing</i> (amarelo)	Elastômero impregnado com partículas de óxido de alumínio	3M™ ESPE™ Dental Products, São Paulo, MN, EUA	N508797
	Grão Ultrafino: <i>Diamond Polishing</i> (rosa)			N782180
Discos Alpen® SwissFlex™	Grão Médio (Azul): 50 µm	Óxido de Alumínio e Carbetto de Silício	Coltene/Whaledent® AG Altstatten, Suíça	0802214
	Grão Fino (Vermelho): 30 µm			
DIATECH® ShapeGuard Polishing Plus Kit	Borracha de grão fino(rosa):24 µm Borracha de grão ultrafino(azul):1-7 µm	Partículas diamantadas	Coltene/Whaledent® AG Altstatten, Suíça	G97378
Diashine® Intra Oral Polishing Compound 2g	Pasta diamantada (grão fino)	Partículas diamantadas	VH Technologies LTD, Washington, EUA	-
SHP Soft Bristle Brush	Escova de cerdas macias	-	VH Technologies LTD, Washington, EUA	-
Disco de Camurça	Disco circular de pele de camurça	-	VH Technologies LTD, Washington, EUA	-
TDF 135 Serie 014	Broca Diamantada Grão Ultrafino (Amarela)	Partículas Diamantadas de 20 µm	NTI-Kahla GmbH Rotary Dental Instruments, Kahla, Alemanha	97529

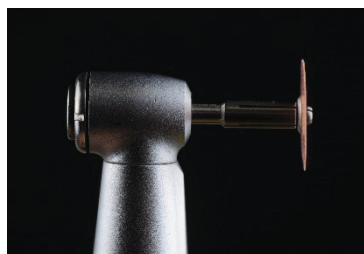


Figura 11 - Disco Sof-Lex™ (Grão Médio): Vista Lateral



Figura 12 - Disco Sof-Lex™ (Grão Médio): modo de aplicação



Figura 13 - Disco Sof-Lex™ (Grão Fino): modo de aplicação



Figura 14 - SHP Soft Bristle Brush



Figura 15 - Diashine® Intra Oral Polishing Compound



Figura 16 - Aplicação de Diashine® PC na superfície da amostra



Figura 17 - Técnica de polimento com escova de cerdas e pasta diamantada



Figura 18 - DIATECH® ShapeGuard Polishing (Grão Fino): Vista Lateral



Figura 19 - DIATECH® ShapeGuard Polishing (Grão Fino): Modo de aplicação



Figura 20 - DIATECH® ShapeGuard Polishing (Grão Ultrafino): Modo de aplicação

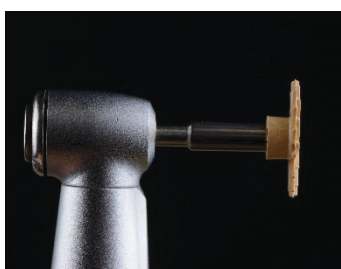


Figura 21 - Espirais Sof-Lex™ (Grão Médio): Vista Lateral



Figura 22 - Espirais Sof-Lex™ (Pré-Polimento): Modo de aplicação



Figura 23 - Espirais Sof-Lex™ (Grão Polimento): Modo de aplicação

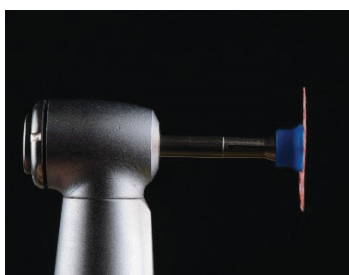


Figura 24 - Discos Alpen® SwissFlex™ (Grão Médio): Vista Lateral



Figura 25 - Discos Alpen® SwissFlex™ (Grão Médio): Modo de aplicação

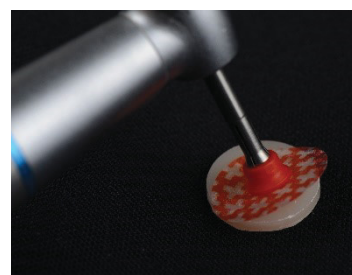


Figura 26 - Discos Alpen® SwissFlex™ (Grão Fino): Modo de aplicação



Figura 27 - Borracha em taça do Sistema Enhance®: Modo de aplicação



Figura 28 - Disco de camurça: Modo de aplicação



Figura 29 - Broca diamantada 014: Modo de aplicação

Cada instrumento de polimento foi utilizado apenas uma única vez, ao contrário das borrachas diamantadas, escova de feltro e discos de camurça, cuja aplicação foi seriada nas diferentes amostras a testar. Todos os instrumentos de polimento foram utilizados com um contra-ângulo *KMD DPS Line M4* (KMD Europa, Bilbao, Espanha) a baixa rotação e durante 30 segundos (Ferreira *et al.*, 2015), com exceção do *SHP Soft Bristle Brush* utilizado com uma peça de mão *KMD DPS Line M4* (KMD Europa, Bilbao, Espanha).

A broca diamantada 014 (utilizada para acabamento do polimento 5, de controlo) foi usada com recurso a uma turbina *KMD DPS Line M4* (KMD Europa, Bilbao, Espanha).

De uma forma geral, à exceção da pasta diamantada (*Diashine® Intra Oral Polishing Compound*) e da broca diamantada (*TDF 135 Serie 014*), o modo de utilização de todos os instrumentos baseou-se no contacto da superfície do instrumento com a superfície da resina composta, em movimentos circulares e contínuos, até completar a preparação da totalidade da superfície do biomaterial.

Note-se que, antes da utilização de cada instrumento individualmente, as amostras foram lavadas em água corrente por um período de 10 segundos, no sentido de eliminar possíveis detritos que pudessem permanecer na sua superfície.

Os cinco protocolos de acabamento/polimento foram efetuados por um único operador, com o intuito de reduzir possíveis erros que possam surgir e de simular da melhor forma as condições clínicas.

Todos os instrumentos foram utilizados sem água, assumindo que o polimento a seco dos compósitos é superior ou igual ao polimento húmido dos mesmos, sobretudo quando são

utilizados discos flexíveis de óxido de alumínio (Dodge, Dale, Cooley, & Duke, 1991).

É de referir que apenas os instrumentos com formato de espiral (Espirais Sof-Lex™ e DIATECH® *ShapeGuard Polishing Plus Kit*) foram utilizadas com recurso a água, de forma a ser possível impedir o sobreaquecimento da superfície da resina a testar, impedindo igualmente a impregnação de partículas do referido instrumento nas irregularidades do biomaterial.

É de notar que antes de serem observadas e analisadas (Figuras 30-39), todas as amostras foram mantidas em água destilada e conservadas em estufa a 37°C, durante 24 horas, de acordo com o protocolo descrito nos estudos de Antonson *et al.* (2011).

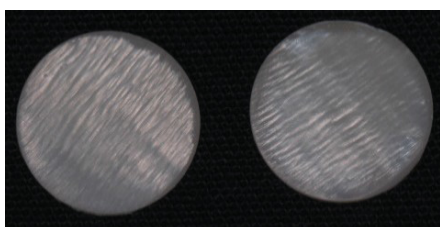


Figura 30 - Protocolo 1 (Resina A)

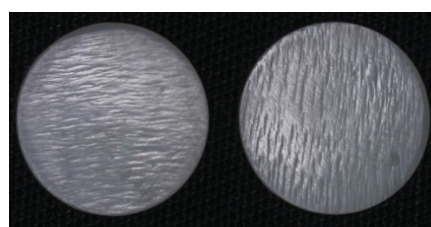


Figura 31 - Protocolo 1 (Resina B)



Figura 32 - Protocolo 2 (Resina A)

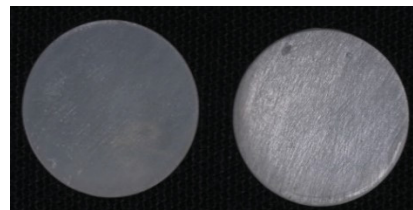


Figura 33 - Protocolo 2 (Resina B)



Figura 34 - Protocolo 3 (Resina A)



Figura 35 - Protocolo 3 (Resina B)

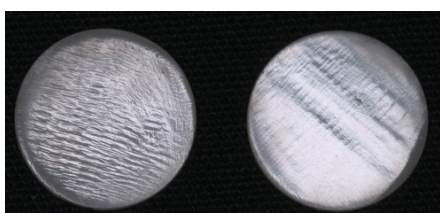


Figura 36 - Protocolo 4 (Resina A)

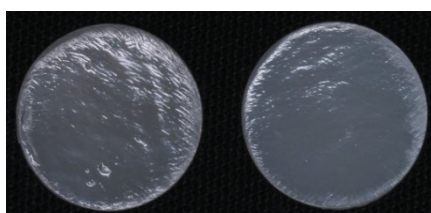


Figura 37 - Protocolo 4 (Resina A)

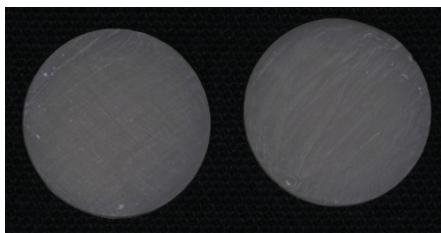


Figura 38 - Protocolo 5 (Resina A)

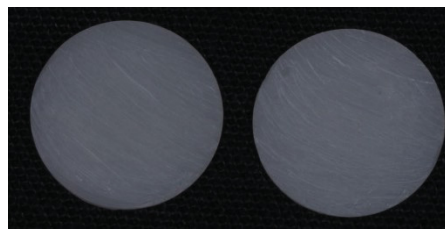


Figura 39 - Protocolo 5 (Resina B)

4.2 Análise da Rugosidade de Superfície

Após o período de tempo de conservação das amostras, procedeu-se à sua secagem com seringa de ar durante 5 segundos (Aytac *et al.*, 2016), de modo a que, durante a secagem, não houvesse qualquer contacto que pudesse interferir com a superfície das mesmas.

A rugosidade de superfície (Ra) foi observada e medida através de um Microscópio de Força Atómica (AFM) – AFM *Workshop* TT (Signal Hill, California, EUA), existente no Departamento de Química da Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade Nova de Lisboa (Figuras 40 a 42).

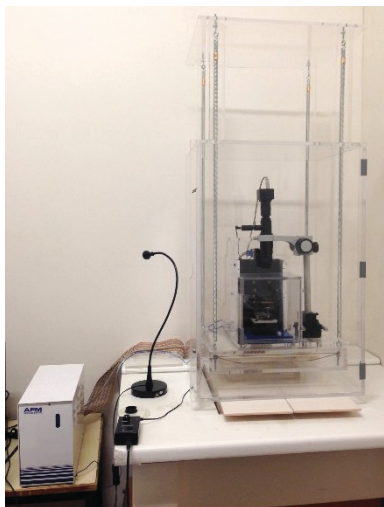


Figura 40 - AFM Workshop TT (Vista Geral)

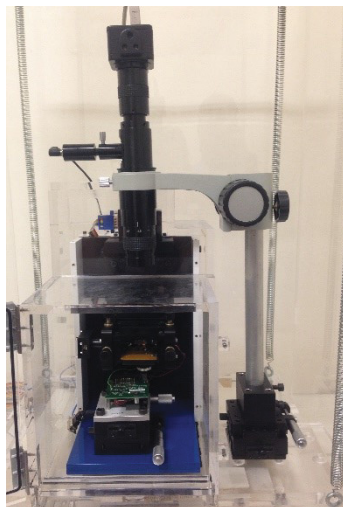


Figura 41 - AFM Workshop TT (Vista Frontal)



Figura 42 - AFM Workshop TT (zona de medição propriamente dita)

As imagens de deflexão e de altura foram obtidas simultaneamente, a uma escala fixa de 0,4 Hz com uma resolução de 512×512 pixels, de acordo com os procedimentos descritos por Janus *et al.* (2010) e Giacomelli *et al.* (2010).

A observação microscópica foi feita após seleção aleatória de uma região de cada amostra com dimensões de 40 μm×40μm.

De cada região seleccionada foram recolhidas 16 observações para a rugosidade de superfície, da qual surgiram 80 observações para cada protocolo de polimento em cada resina, ou seja, 400 observações para a mesma resina. Desta forma, as medições efetuadas perfazem um total de 800 observações das resinas compostas testadas ($n=800$).

A análise de cada uma das referidas regiões foi feita através do programa *Gwyddion 2.45* (Brno, Republica Checa), tendo sido dividida em dezasseis secções de $10\ \mu\text{m} \times 10\ \mu\text{m}$, das quais se registaram os valores da rugosidade de superfície (R_a), respetivamente.

4.3 Avaliação do Brilho

A avaliação do brilho foi feita com o equipamento *Glossmeter Micro-Tri-Gloss No4520* (BYK Additives & Instruments, Geretsried, Alemanha), existente no laboratório de investigação da Empresa Hempel, Lda (Figuras 43 a 45).

Antes de efetuar qualquer medição das amostras a testar, foi feita a calibração do equipamento acima referido, tendo-se confirmado os valores de referência para o *glossmeter* utilizado.

Todas as amostras foram medidas numa área de $2\ \text{mm} \times 4\ \text{mm}$ com uma geometria de um ângulo de 60° , de acordo com a norma ISO 2813 (2014). Apenas foi utilizada a medição feita sob este ângulo, presumindo ser esse o ângulo de iluminação a partir do qual o observador visualiza a superfície do biomaterial (Kaizer *et al.*, 2014).

As medições de brilho foram executadas uma única vez, assumindo as reduzidas dimensões da amostra (facto que dificultou as referidas medições).



Figura 43 - *Glossmeter*: Vista exterior - Frontal



Figura 44 - *Glossmeter*: Vista exterior - monitor



Figura 45 - *Glossmeter*: zona de medição e zona de calibração

4.4 Análise Estatística

A análise estatística dos dados obtidos, tanto para a rugosidade de superfície (Ra) como para o brilho (Br), foi realizada com recurso ao programa *IBM® SPSS® Statistics 24* (Nova Iorque, EUA).

V – RESULTADOS

Tendo por base os aspetos metodológicos já enunciados no capítulo anterior, são apresentados ao longo deste capítulo, os resultados obtidos, os quais têm por base as questões de investigação e as hipóteses formuladas. A divisão estrutural apresentada tem como objetivo suportar a argumentação teórico-prática, baseada na evidência empírica proporcionada pela investigação.

5.1 Resultados Estatísticos

5.1.1 Medidas Descritivas

Atendendo à natureza quantitativa das variáveis dependentes, são apresentadas na tabela 5 e na tabela 6 (Rugosidade de Superfície e Brilho, respetivamente), os elementos caracterizadores da amostra. Assim, é apresentada a média como medida de tendência central e o desvio padrão como medida de dispersão. São ainda apresentados os valores mínimo e máximo de cada variável, assim como as medidas de assimetria e achatamento.

Tabela 5 - Medidas de tendência central e de dispersão: Rugosidade de Superfície (Ra)

Variável	N	Mínimo (nm)	Máximo (nm)	Média (nm)	Desvio padrão	Coefficiente de Assimetria	Coefficiente de Achatamento
RA	640	9,20	741,00	117,80	127,67	1,93	3,56
PRO1	160	31,30	153,30	59,59	20,96	1,51	2,71
PRO2	160	28,40	236,00	78,22	45,79	2,00	3,56
PRO3	160	32,70	271,00	103,19	52,70	1,32	1,38
PRO4	160	9,20	49,70	18,69	6,65	1,58	4,34
PRO5 - C	160	113,00	741,00	329,32	128,23	0,72	0,25
RES A	400	14,90	701,00	113,58	126,06	1,98	3,51
RES B	400	9,20	741,00	122,03	129,28	1,89	3,67

A variável Ra varia entre 9,20 nm e 741,00 nm, tendo o valor mínimo sido observado no protocolo 4 (PRO4) e o valor máximo no protocolo 5 (PRO5-C). É de notar que as variáveis apresentam uma elevada dispersão (desvio padrão) em torno da média, sendo a menor dispersão observada no protocolo 4 (média de 18,69 nm e desvio padrão de 6,65 nm). É ainda de referir a elevada dispersão da rugosidade de superfície em torno da média

quando consideramos os dois tipos de resina (126,06 nm para a resina A e 129,28 nm para a resina B).

Relativamente à assimetria e achatamento, as variáveis apresentam uma distribuição assimétrica à direita (enviesamento positivo) leptocúrtica (pontaguda), tal como evidenciado no Anexo 1. Assim, podemos inferir que a distribuição dos dados não é do tipo normal (Marôco, 2014), facto que será corroborado pelo teste de *Kolmogorov-Smirnov*, apresentado em anexo (Anexo 2). A verificação do pressuposto da homogeneidade das variâncias será efetuada através do teste de *Levene* por ser um dos mais potentes.

Podemos confirmar, através do teste de K-S, a rejeição da hipótese nula que prevê a normalidade da distribuição ($p < 0,05$), assim como a rejeição da hipótese nula relativa ao pressuposto da homogeneidade das variâncias ($p < 0,001$).

Relativamente à distribuição das variáveis por tipo de resina, apresentamos no Anexo 3, os respetivos testes de normalidade e de homogeneidade das variâncias. Em linha com o referido anteriormente, a variável Ra não apresenta uma distribuição normal ($p < 0,001$), tendo por base o tipo de resina (A e B) utilizada na nossa investigação. Contudo, não é de rejeitar ($p > 0,05$) a hipótese da homogeneidade das variâncias, tal como ilustrado pelo teste de *Levene* apresentado no Anexo 3.

Confirma-se a violação simultânea dos dois pressupostos associados à aplicação de testes paramétricos. Porém, a abordagem paramétrica continua a ser robusta face à violação do pressuposto da normalidade sempre que estejamos perante distribuições que não sejam severamente enviesadas ou achatadas e cujas dimensões das amostras sejam suficientemente grandes (teorema do limite central), o que parece ser o nosso caso (Grissom, 2000; Refinetti, 1996).

Relativamente à violação do pressuposto da homogeneidade das variâncias (homocedasticidade), a problemática poderá ser mais complexa, embora estejamos no caso concreto perante grupos de grande e igual dimensão. Assim, estando nós perante uma situação de heterocedasticidade ao nível das variâncias dos protocolos, apresentaremos ao longo da dissertação o teste de *F_w de Welch* como alternativa ao teste *F da ANOVA*, e o teste de *Dunnett* como alternativa ao teste de *Tukey HSD* (Grisson, 2000), procedimento também seguido anteriormente por Ergücü e Türkün (2007).

Procedeu-se ainda à exclusão dos *outliers* identificados no sentido de sinalizar situações que pudessem ser divergentes com as conclusões iniciais. Ainda que não apresentados ao longo deste capítulo, foram igualmente realizados os correspondentes testes não paramétricos no sentido de avaliar e encontrar prova corroborativa para as nossas asserções.

Para o caso particular da variável PRO, apresentamos a estatística de Welch da ANOVA a um fator (*one-way*) que procura testar se dois ou mais grupos provêm ou não de uma mesma população. Considerando os diversos tipos de protocolo (PRO_n ; $n=1,..5$), não é de rejeitar a hipótese de que existem pelo menos dois grupos com média diferente (Welch=509,33; $gl_1=4$; $gl_2=336,72$; $p<0,001$). Contudo, a rejeição da hipótese nula na ANOVA, nada indica sobre qual ou quais dos pares de médias são diferentes. Retomaremos esta problemática nos pontos 5.1.3. e 5.1.4..

Contrariamente à evidência estatística anterior, e tendo por base o tipo de resina utilizado (A e B), não é de rejeitar a hipótese nula que prevê a homogeneidade da média amostral ($t=-0,936$; $gl=798$; $p=0,349$). É ainda de referir que, apesar da violação dos pressupostos para a utilização de estatísticas paramétricas, e tendo por base o teorema do limite central e a dimensão das amostras, referir-nos-emos ao longo dos próximos pontos às estatísticas paramétricas, embora com as correções que se revelarem adequadas em cada contexto.

Análise idêntica será efetuada de seguida para a variável Brilho (Br). Tal como evidenciado na tabela 6, esta variável dependente varia entre 2,3% 48,3%, não sendo observável um nível de enviesamento ou achatamento significativo. Contudo, no âmbito dos protocolos, a aplicação do teste de *Kolmogorov-Smirnov*, que procura testar a normalidade das distribuições, evidenciou a rejeição da hipótese nula ($p<0,001$), o que se traduz no facto da variável dependente não apresentar uma distribuição normal. Resultado idêntico foi alcançado para a homogeneidade das variâncias, testado através do teste de *Levene*, sendo de concluir que ao nível dos protocolos, a variável dependente apresenta heterocedasticidade (Anexo 6). Tal como já evidenciado para a variável Ra, o facto de estarmos perante amostras de grande dimensão e sem problemas de enviesamento ou achatamento severo, não inibe que possamos seguir uma abordagem paramétrica. Ainda assim, nos casos em que tal seja aplicável e exequível, optámos por incluir na análise a correção de Welch (*Teste de Welch*) bem como a aplicação do *Teste de Dunnett*.

Tabela 6 - Medidas de tendência central e dispersão: Brilho (Br)

Variável	N	Mínimo (%)	Máximo (%)	Média (%)	Desvio padrão	Coefficiente de Assimetria	Coefficiente de Achatamento
BR	800	2,30	48,30	18,89	12,47	0,66	-0,40
PRO1	160	10,20	31,70	19,84	6,32	0,43	-0,77
PRO2	160	10,20	21,80	16,20	3,70	-0,40	-1,02
PRO3	160	11,10	23,30	15,81	4,17	0,89	-0,59
PRO4	160	31,00	48,30	39,31	5,21	0,31	-0,64
PRO5 - C	160	2,30	3,90	3,27	0,40	-1,11	1,34
RES A	400	2,90	39,30	19,10	11,50	0,28	-0,98
RES B	400	2,30	48,30	18,67	13,38	0,91	-0,12

Analisando a variável Brilho (Br) por Tipo de Resina aplicado, apresentamos no Anexo 8 a análise da normalidade das distribuições e da homogeneidade das variâncias. Tal como observado para a variável Ra, sublinhamos, para um nível de significância de 5%, a não normalidade das distribuições ($p < 0,001$) e a não homogeneidade das variâncias ($p = 0,071$). Tal como já referido ao longo da dissertação, e pelos motivos já amplamente invocados, prosseguiremos com a análise paramétrica ainda que incorporando a correção de *Welch*.

5.1.2 Medidas de independência e associação

A quantificação da intensidade e direção da associação entre duas variáveis (Rugosidade de superfície vs. Tipo de Protocolo; Rugosidade de superfície vs. Tipo de Resina; Brilho vs. Tipo de Protocolo; Brilho vs. Tipo de Resina) é efetuada através de correlações bivariadas, tendo por base a natureza das variáveis em estudo. No nosso caso, apresentamos o coeficiente de correlação de *Spearman* que traduz uma associação não paramétrica entre duas variáveis pelo menos ordinais. Assim, apresentamos nas tabelas seguintes, a síntese da estatística referida anteriormente, com o objetivo de identificar possíveis associações estatisticamente significativas.

Tabela 7 - Associação entre Rugosidade de Superfície (Ra) e Tipo de Protocolo (PRO)

	Valor	Erro Padrão Assintótico	T Aproximado	Significância Aproximada
Correlação de <i>Spearman</i>	,281	,042	8,276	,000*
Nº de Casos Válidos	800			

*p<0,05

Pela análise do coeficiente de associação apresentado na tabela anterior, podemos verificar a existência de uma associação estatisticamente significativa entre as variáveis Ra e PRO ($p<0,001$). Assim, é de rejeitar a hipótese de que as variáveis sejam independentes, ou seja a rugosidade de superfície depende do tipo de protocolo.

Tabela 8 - Associação entre Rugosidade de Superfície (Ra) e Tipo de Resina (RES)

	Valor	Erro Padrão Assintótico	T Aproximado	Significância Aproximada
Correlação de <i>Spearman</i>	,024	,036	,686	,493
Nº de Casos Válidos	800			

Relativamente à associação entre a variável Ra e RES, não é de rejeitar a hipótese nula que preconiza a independência das duas variáveis ($p=0,290$). Ou seja, para um nível de significância de 5%, não é de rejeitar a independência entre a rugosidade de superfície e o tipo de resina.

Tabela 9 - Associação entre Brilho (Br) e Tipo de Protocolo (RES)

	Valor	Erro Padrão Assintótico	T Aproximado	Significância Aproximada
Correlação de <i>Spearman</i>	-,260	,043	-7,614	,000*
Nº de Casos Válidos	800			

*p<0,05

Tabela 10 - Associação entre Brilho (Br) e Tipo de Resinas (RES)

	Valor	Erro Padrão Assintótico	T Aproximado	Significância Aproximada
Correlação de <i>Spearman</i>	-,062	,036	-1,766	,078*
Nº de Casos Válidos	800			

*p<0,1

A análise das correlações entre as variáveis Br e PRO e entre as variáveis Br e RES permite desde já concluir, para um nível de significância de 5% e para um nível de significância de 10%, respectivamente, pela rejeição da hipótese nula. Ou seja, não é de rejeitar a hipótese de que o Brilho esteja associado tanto ao tipo de protocolo seguido como ao tipo de resina utilizado.

Os resultados apresentados até ao momento têm por base as 800 observações referenciadas no capítulo IV. Numa fase posterior, excluimos da análise todos os *outliers*, tendo ficado com 766 observações quando analisamos a associação entre a Rugosidade de superfície e o Tipo de Protocolo e com 747 observações quando analisamos a associação entre a Rugosidade de superfície e o Tipo de Resina. Porém, os resultados obtidos nesta fase corroboram todas as evidências já obtidas, nomeadamente a associação entre as variáveis Ra e PRO (Welch=595,66; gl1=4; gl2=319,958; $p<0,001$) e a independência entre as variáveis Ra e RES ($t=-1,079$; gl=745; $p=0,281$), para um nível de significância de 5%.

É de referir que para a variável Br não foram identificados *outliers* que pudessem justificar o procedimento descrito anteriormente. Oportunamente analisaremos a independência entre as variáveis dependentes (Ra e Br) e o tipo de resinas, segmentada por tipo de protocolo (PRO1; ...; PRO5-C).

5.1.3 Comparação da Rugosidade de Superfície por Tipo de Protocolo e por Tipo de Resina (ANOVA *one-way*)

Retomando a ANOVA *one-way*, e com o objetivo de evidenciar a múltipla comparação da variável dependente nos diversos protocolos (comparação de múltiplas médias), recorreremos ao teste de *Dunnnett* por ser um dos mais robustos quando existem desvios ao nível da normalidade e da homogeneidade das variâncias. Note-se que a comparação já realizada para os fatores (entre os grupos) e para os erros (dentro dos grupos), através da correção de Welch (alternativa ao teste F), já permitiu concluir que existem pelo menos dois protocolos em que a rugosidade de superfície (Ra) é significativamente diferente (Welch=509,33; $p<0,001$ para 800 observações e Welch=595,66; $p<0,001$ para 766 observações). É essa múltipla comparação que apresentamos na tabela 11.

Tabela 11 - Comparação da *Ra* entre Protocolos (*Teste de Dunnett*)

(I) Protocolo	(J) Protocolo	Diferença média (I-J)	Erro Padrão	Significância
Protocolo 1	Protocolo 2	-18,63144	3,98141	0,000*
	Protocolo 3	-43,59813	4,48392	0,000*
	Protocolo 4	40,90500	1,73811	0,000*
	Protocolo 5- Controlo	-269,72688	10,27202	0,000*
Protocolo 2	Protocolo 1	18,63144	3,98141	0,000*
	Protocolo 3	-24,96669	5,51968	0,000*
	Protocolo 4	59,53644	3,65819	0,000*
	Protocolo 5- Controlo	-251,09544	10,76456	0,000*
Protocolo 3	Protocolo 1	43,59813	4,48392	0,000*
	Protocolo 2	24,96669	5,51968	0,000*
	Protocolo 4	84,50313	4,19956	0,000*
	Protocolo 5- Controlo	-226,12875	10,96037	0,000*
Protocolo 4	Protocolo 1	-40,90500	1,73811	0,000*
	Protocolo 2	-59,53644	3,65819	0,000*
	Protocolo 3	-84,50313	4,19956	0,000*
	Protocolo 5- Controlo	-310,63188	10,15112	0,000*
Protocolo 5- Controlo	Protocolo 1	269,72688	10,27202	0,000*
	Protocolo 2	251,09544	10,76456	0,000*
	Protocolo 3	226,12875	10,96037	0,000*
	Protocolo 4	310,63188	10,15112	0,000*

*p<0,05

Pela análise da tabela, podemos concluir que, tanto para um nível de significância de 5% como de 1%, os diversos protocolos são diferentes entre si ($p < 0,05$ ou $p < 0,01$, respetivamente). Esta evidência estatística leva-nos a rejeitar a hipótese nula em detrimento da hipótese alternativa que considera a homogeneidade das médias da rugosidade de superfície entre os protocolos.

Apresentamos na tabela seguinte a ordenação dos cinco polimentos, sublinhado desde já a oposição entre o Protocolo 4 (PRO4) e o Protocolo 5 (PRO5-C).

Tabela 12 - Ordenação da *Ra* por Protocolos (*Teste de Dunnett*)

PROTOCOLO	Média (nm)
Protocolo 4	18,6869
Protocolo 1	59,5919
Protocolo 2	78,2233
Protocolo 3	103,1900
Protocolo 5 - controlo	329,3188

Em termos de rugosidade de superfície, o Protocolo 4 (PRO4) é o que apresenta a menor média (18,69 nm) por contraposição ao Protocolo de controlo (PRO5-C) que evidencia a maior média (329,32 nm), e consequentemente o pior resultado. Assim, e atendendo ao objetivo da nossa investigação, sublinhamos a ordenação atribuída à rugosidade de superfície por tipo de polimento: PRO4; PRO1; PRO2; PRO3; PRO5-C.

Pela sua importância para a investigação, ainda que de natureza complementar e corroborativa, apresentamos nas próximas tabelas a comparação entre os diversos protocolos, e a sua ordenação, secionados por tipo de resina utilizado (Resina A e Resina B). É de salientar que para ambas as resinas, a aplicação da ANOVA *one-way*, uma vez mais com a correção de *Welch* e recorrendo ao teste de *Dunnett*, permitiu identificar que em cada uma delas, existem pelo menos dois protocolos cujas médias não são homogêneas (Welch=456,67; gl1=4; gl2=183,061; $p<0,001$ para a Resina A e Welch=251,99; gl1=4; gl2=161,926; $p<0,001$ para a Resina B).

Tabela 13 - Comparação da Ra da Resina A entre Protocolos (*Teste de Dunnett*)

(I) Protocolo	(J) Protocolo	Diferença média (I-J)	Erro Padrão	Significância
Protocolo 1	Protocolo 2	-3,67625	1,81287	0,361
	Protocolo 3	-37,89000	5,60796	0,000*
	Protocolo 4	34,55125	1,65953	0,000*
	Protocolo 5 - Controlo	-275,73750	13,39114	0,000*
Protocolo 2	Protocolo 1	3,67625	1,81287	0,361
	Protocolo 3	-34,21375	5,48596	0,000*
	Protocolo 4	38,22750	1,18345	0,000*
	Protocolo 5 - Controlo	-272,06125	13,34051	0,000*
Protocolo 3	Protocolo 1	37,89000	5,60796	0,000*
	Protocolo 2	34,21375	5,48596	0,000*
	Protocolo 4	72,44125	5,43721	0,000*
	Protocolo 5 - Controlo	-237,84750	14,35729	0,000*
Protocolo 4	Protocolo 1	-34,55125	1,65953	0,000*
	Protocolo 2	-38,22750	1,18345	0,000*
	Protocolo 3	-72,44125	5,43721	0,000*
	Protocolo 5 - Controlo	-310,28875	13,32053	0,000*
Protocolo 5 - Controlo	Protocolo 1	275,73750	13,39114	0,000*
	Protocolo 2	272,06125	13,34051	0,000*
	Protocolo 3	237,84750	14,35729	0,000*
	Protocolo 4	310,28875	13,32053	0,000*

*p<0,05

No caso particular da Resina A, é possível aferir a diferença entre a generalidade dos protocolos, com exceção dos protocolos 1 e 2 cuja homogeneidade estatística é confirmada pela respetiva estatística de *Dunnett* ($p=0,361$). Saliente-se que os resultados obtidos para esta estatística estão alinhados com os resultados obtidos quando consideramos as resinas em conjunto.

Tabela 14 - Comparação da Ra da Resina B entre Protocolos (*Teste de Dunnett*)

(I) Protocolo	(J) Protocolo	Diferença média (I-J)	Erro Padrão	Significância
Protocolo 1	Protocolo 2	-33,58663	7,25132	0,000*
	Protocolo 3	-49,30625	6,89793	0,000*
	Protocolo 4	47,25875	2,97938	0,000*
	Protocolo 5 - Controle	-263,71625	15,65054	0,000*
Protocolo 2	Protocolo 1	33,58663	7,25132	0,000*
	Protocolo 3	-15,71963	9,11244	0,588
	Protocolo 4	80,84538	6,65822	0,000*
	Protocolo 5 - Controle	-230,12962	16,74498	0,000*
Protocolo 3	Protocolo 1	49,30625	6,89793	0,000*
	Protocolo 2	15,71963	9,11244	0,588
	Protocolo 4	96,56500	6,27149	0,000*
	Protocolo 5 - Controle	-214,41000	16,59501	0,000*
Protocolo 4	Protocolo 1	-47,25875	2,97938	0,000*
	Protocolo 2	-80,84538	6,65822	0,000*
	Protocolo 3	-96,56500	6,27149	0,000*
	Protocolo 5 - Controle	-310,97500	15,38472	0,000*
Protocolo 5 - Controle	Protocolo 1	263,71625	15,65054	0,000*
	Protocolo 2	230,12962	16,74498	0,000*
	Protocolo 3	214,41000	16,59501	0,000*
	Protocolo 4	310,97500	15,38472	0,000*

*p<0,05

Relativamente à Resina B, apenas o Protocolo 2 (PRO2) e o Protocolo 3 (PRO3) apresentam homogeneidade significativa ($p=0,588$) no que concerne à diferença de médias, não havendo qualquer alteração na ordenação face ao já observado para a generalidade das resinas como para a resina A.

Tabela 15 - Ordenação da Ra das Resinas por Tipo de Protocolo (*Teste de Dunnett*)

RESINA A Média (nm)	RESINA B Média (nm)
Protocolo 4 (22,47)	Protocolo 4 (14,90)
Protocolo 1 (57,03)	Protocolo 1 (62,16)
Protocolo 2 (60,70)	Protocolo 2 (95,75)
Protocolo 3 (94,92)	Protocolo 3 (111,47)
Protocolo 5 - controle (332,76)	Protocolo 5 - controle (325,88)

No que respeita à ordenação dos protocolos segmentados por tipo de resina utilizado, mantem-se a ordem dos protocolos já indicada na generalidade (PRO4; PRO1; PRO2; PRO3; PRO5-C), confirmando-se assim a oposição entre o Protocolo 4 (PRO4) e o protocolo de controlo (PRO5-C). Ainda assim, procuraremos evidência sobre os impactos isolados e em conjunto dos dois fatores (Tipo de Protocolo e Tipo de Resina) através da ANOVA *two-way*.

Apresentamos na tabela 16, a análise segmentada da homogeneidade das variâncias (Teste F) e da homogeneidade das médias (Teste t), considerando os dois tipos de resina utilizados.

Tabela 16 - Homogeneidade da Ra por Tipo de Resina e Tipo de Protocolo

Polimento	Igualdade de Variâncias (F)	Sig.	Igualdade de Médias (t)	gl	Sig.
PRO1	28,297	0,000	-1,556	158	0,122
PRO2	122,087	0,000	-5,225	158	0,000*
PRO3	0,898	0,345	-2,005	158	0,047*
PRO4	2,627	0,107	8,760	158	0,000*
PRO5-C	2,343	0,128	0,339	158	0,735

*p<0,05

A análise da tabela anterior permite aferir que a maior heterogeneidade da distribuição da rugosidade de superfície pelos grupos analisados (Resina A e Resina B), verifica-se no Protocolo 4 ($p<0,001$). Contrariamente, a maior homogeneidade da variável dependente, entre as resinas, é observada no Protocolo 1 ($p=0,122$) e no Protocolo 5 (controlo) ($p=0,735$). Assim, podemos concluir que a rugosidade de superfície depende da resina utilizada no Protocolo 2 ($p<0,001$), no Protocolo 3 ($p=0,047$) e no Protocolo 4 ($p<0,001$).

Em síntese, pelas evidências disponíveis até ao momento, é possível concluir que a Rugosidade de Superfície (Ra) depende estatisticamente, para um nível de significância de 5%, do Tipo de Protocolo (PRO) realizado e do Tipo de Resina (RES) utilizada, em particular nos Protocolos 2 (PRO2), 3 (PRO3), e 4 (PRO4).

5.1.4 Interação entre os fatores e a Rugosidade de Superfície (ANOVA *two-way*)

Evidenciámos até ao momento que a Rugosidade de Superfície depende quer do Tipo de Protocolo seguido quer do Tipo de Resina utilizado. Porém, poderão existir interações entre estes dois fatores, evidência que não pode ser obtida pelos testes *t-student*. Assim, evidenciamos na tabela 17 a ANOVA *two-way*, com o objetivo de testar a existência de interações (ou fatores moderadores) entre os fatores e a sua influência na Rugosidade de Superfície.

Tabela 17 – Interações do Tipo de Protocolo e Tipo de Resina na Rugosidade de Superfície

Origem	Tipo III Soma dos Quadrados	gl	Quadrado Médio	F	Sig.	Noncent. Parâmetro	Poder observado ^b
Modelo corrigido	9622373,155 ^a	9	1069152,573	248,344	0,000*	2235,092	1,000
Intercepto	11101879,590	1	11101879,590	2578,753	0,000*	2578,753	1,000
PRO	9557047,238	4	2389261,809	554,980	0,000*	2219,918	1,000
RES	14291,741	1	14291,741	3,320	0,069	3,320	,444
PRO * RES	51034,177	4	12758,544	2,964	0,019*	11,854	,794
Erro	3401056,136	790	4305,134				
Total	24125308,880	800					
Total corrigido	13023429,290	799					

R²=,739 (R² Ajustado = ,736); *p<0,05

Pela análise da tabela podemos aferir, com uma probabilidade de erro de 5%, de que a Rugosidade de Superfície é significativamente influenciada pelo fator Tipo de Protocolo (PRO) e pelo efeito conjugado dos fatores Tipo de Protocolo e Tipo de Resina (PRO*RES). Porém, não é de ignorar que o fator Tipo de Resina é estatisticamente significativo para um nível de significância de 10% (p=0,069). Ou seja, o impacto de 73,6% observado na variável Ra é fortemente explicado pelo fator PRO e PRO*RES (p<0,001) e moderadamente explicado pelo fator RES (p=0,069).

5.1.5 Comparação do Brilho por Tipo de Protocolo e por Tipo de Resina (ANOVA *one-way*)

De forma análoga à abordagem efetuada para a variável dependente Ra, efetuaremos ao longo deste ponto uma análise comparada da variável dependente Br, por tipo de protocolo seguido bem como por tipo de resina utilizado. O objetivo principal reside em

identificar se existem diferenças significativas entre os cinco protocolos realizados (incluindo o procedimento de controlo) e entre as duas resinas utilizadas.

Neste ponto recorrer-se-á à *ANOVA one-way*, com correção de *Welch* e recorrendo ao *Teste de Dunnett*, tal como seguido por Ergücü e Türkün (2007) e já por nós aplicado à variável *Ra*. No ponto seguinte recorreremos à *ANOVA two-way* no sentido de identificar a magnitude da independência, considerando por um lado os fatores de forma isolada e considerando o efeito conjunto dos mesmos.

A estatística de Welch (Welch=2.945,49; gl1=4; gl2=322,70; $p<0,001$) permite concluir que existem diferenças estatisticamente significativas entre pelo menos dois protocolos. A análise comparada entre os diversos protocolos, conducente à sua ordenação, é apresentada na tabela seguinte.

Tabela 18 - Comparação do Br entre Protocolos (*Teste de Dunnett*)

(I) Protocolo	(J) Protocolo	Diferença média (I-J)	Erro Padrão	Significância
Protocolo 1	Protocolo 2	3,64000	,57882	0,000*
	Protocolo 3	4,03000	,59852	0,000*
	Protocolo 4	-19,47000	,64757	0,000*
	Protocolo 5- Controlo	16,57000	,50039	0,000*
Protocolo 2	Protocolo 1	-3,64000	,57882	0,000*
	Protocolo 3	,39000	,44097	0,991
	Protocolo 4	-23,11000	,50555	0,000*
	Protocolo 5- Controlo	12,93000	,29433	0,000*
Protocolo 3	Protocolo 1	-4,03000	,59852	0,000*
	Protocolo 2	-,3900	,44097	0,991
	Protocolo 4	-23,50000	,52798	0,000*
	Protocolo 5- Controlo	12,54000	,33139	0,000*
Protocolo 4	Protocolo 1	19,47000	,64757	0,000*
	Protocolo 2	23,11000	,50555	0,000*
	Protocolo 3	23,50000	,52798	0,000*
	Protocolo 5- Controlo	36,04000	,41345	0,000*
Protocolo 5- Controlo	Protocolo 1	-16,57000	,50039	0,000*
	Protocolo 2	-12,93000	,29433	0,000*
	Protocolo 3	-12,54000	,33139	0,000*
	Protocolo 4	-36,04000	,41345	0,000*

* $p<0,05$

Pela análise da tabela anterior, é possível concluir que existem diferenças estatisticamente significativas entre todos os protocolos, com exceção dos Protocolos 2 (PRO2) e 3 (PRO3). Ou seja, é possível afirmar que a diferença de brilho não é estatisticamente significativa ($p=0,991$) entre os dois protocolos anteriormente referidos. Contudo, uma vez que estamos a falar de dados agregados entre as duas resinas, a análise deve ser efetuada no âmbito da análise segmentada por tipo de resina utilizado.

Tabela 19 - Ordenação do Br por Protocolos (Teste de Dunnett)

PROTOCOLO	Média (%)
Protocolo 4	39,31
Protocolo 1	19,84
Protocolo 2	16,20
Protocolo 3	15,81
Protocolo 5 - controlo	3,27

Tal como para a variável Rugosidade de Superfície, e uma vez que a polaridade das duas variáveis dependentes é antagónica, o Protocolo 4 (PRO4) é o que apresenta melhor desempenho em termos de brilho, por oposição ao protocolo de controlo (PRO5-C), o qual apresenta o pior desempenho.

Passamos de seguida à análise segmentada por Tipo de Resina (Resina A e Resina B) utilizado.

Tabela 20 - Comparação do Br da Resina A entre Protocolos (*Teste de Dunnett*)

(I) Protocolo	(J) Protocolo	Diferença média (I-J)	Erro Padrão	Significância
Protocolo 1	Protocolo 2	8,08000	,55028	0,000*
	Protocolo 3	11,54000	,55329	0,000*
	Protocolo 4	-11,44000	,58707	0,000*
	Protocolo 5 - Controle	21,70000	,48631	0,000*
Protocolo 2	Protocolo 1	-8,08000	,55028	0,000*
	Protocolo 3	3,46000	,37217	0,000*
	Protocolo 4	-19,52000	,42075	0,000*
	Protocolo 5 - Controle	13,62000	,26245	0,000*
Protocolo 3	Protocolo 1	-11,54000	,55329	0,000*
	Protocolo 2	-3,46000	,37217	0,000*
	Protocolo 4	-22,98000	,42468	0,000*
	Protocolo 5 - Controle	10,16000	,26871	0,000*
Protocolo 4	Protocolo 1	11,44000	,58707	0,000*
	Protocolo 2	19,52000	,42075	0,000*
	Protocolo 3	22,98000	,42468	0,000*
	Protocolo 5 - Controle	33,14000	,33275	0,000*
Protocolo 5 - Controle	Protocolo 1	-21,70000	,48631	0,000*
	Protocolo 2	-13,62000	,26245	0,000*
	Protocolo 3	-10,16000	,26871	0,000*
	Protocolo 4	-33,14000	,33275	0,000*

*p<0,05

Ainda que o *Teste de Welch* indicie desde logo a existência de pelo menos dois protocolos cujas diferenças de brilho são estatisticamente significativas (Welch=3.844,98; gl1=4; gl2=162,04; p<0,001), a análise segmentada apresentada na tabela 20 permite aferir que, no caso particular da Resina A, as diferenças de brilho são estatisticamente significativas entre todos os protocolos utilizados.

Tabela 21 - Comparação do Br da Resina B entre Protocolos (Teste de Dunnett)

(I) Protocolo	(J) Protocolo	Diferença média (I-J)	Erro Padrão	Significância
Protocolo 1	Protocolo 2	-,80000	,57834	0,836
	Protocolo 3	-3,48000	,55700	0,000*
	Protocolo 4	-27,50000	,67167	0,000*
	Protocolo 5 - Controle	11,44000	,27564	0,000*
Protocolo 2	Protocolo 1	,80000	,57834	0,836
	Protocolo 3	-2,68000	,70540	0,002*
	Protocolo 4	-26,70000	,79905	0,000*
	Protocolo 5 - Controle	12,24000	,51315	0,000*
Protocolo 3	Protocolo 1	3,48000	,55700	0,000*
	Protocolo 2	2,68000	,70540	0,002*
	Protocolo 4	-24,02000	,78374	0,000*
	Protocolo 5 - Controle	14,92000	,48897	0,000*
Protocolo 4	Protocolo 1	27,50000	,67167	0,000*
	Protocolo 2	26,70000	,79905	0,000*
	Protocolo 3	24,02000	,78374	0,000*
	Protocolo 5 - Controle	38,94000	,61642	0,000*
Protocolo 5 - Controle	Protocolo 1	-11,44000	,27564	0,000*
	Protocolo 2	-12,24000	,51315	0,000*
	Protocolo 3	-14,92000	,48897	0,000*
	Protocolo 4	-38,94000	,61642	0,000*

*p<0,05

Similarmente ao já referido para a Resina A, é possível afirmar que a aplicação dos cinco protocolos à Resina B, provoca diferenças significativas em pelo menos dois desses protocolos (Welch=1.728,79; gl1=4; gl2=162,32; p=0,000). Porém, a análise segmentada permite concluir que as diferenças significativas se verificam entre os protocolos 1 (PRO1) e 2 (PRO2). Esta evidência corrobora o que já referimos anteriormente quanto às limitações intrínsecas à análise agregada das duas resinas em estudo.

Tendo por base a polaridade da variável Br, apresentamos na tabela 22, a ordenação dos protocolos para cada uma das resinas.

Tabela 22 - Ordenação do Br por Tipo de Protocolo (*Teste de Dunnett*)

RESINA A Média (%)	RESINA B Média (%)
Protocolo 4 (36,52)	Protocolo 4 (42,10)
Protocolo 1 (25,08)	Protocolo 3 (18,08)
Protocolo 2 (17,00)	Protocolo 2 (15,40)
Protocolo 3 (13,54)	Protocolo 1 (14,60)
Protocolo 5 - controlo (3,38)	Protocolo 5 - controlo (3,16)

Os resultados mistos apresentados na tabela anterior permitem evidenciar o impacto que tanto os polimentos como as resinas têm no brilho. É a identificação desses impactos que procuraremos através da ANOVA *two-way*.

Retomando o procedimento seguido para a variável *Ra*, apresentamos na tabela 23, a análise segmentada, por tipo de protocolo, da homogeneidade das variâncias (Teste F) e da homogeneidade das médias (Teste *t*), tendo por base as duas resinas utilizadas.

Tabela 23 - Homogeneidade do Brilho por Tipo de Resina e Tipo de Protocolo

Polimento	Igualdade de Variâncias (F)	Sig.	Igualdade de Médias (<i>t</i>)	gl	Sig.
POL1	48,709	0,000	18,860	158	0,000*
POL2	62,029	0,000	2,792	158	0,006*
POL3	131,256	0,000	-8,186	158	0,000*
POL4	34,152	0,000	-7,996	158	0,000*
POL5-C	9,212	0,003	3,619	158	0,000*

* $p < 0,05$

As evidências apresentadas na tabela 23 permitem concluir sobre a heterogeneidade das variâncias e das médias ($p < 0,001$) das duas resinas em todos os protocolos utilizados. Em síntese, é possível aferir que o Brilho (Br) depende estatisticamente, para um nível de significância de 5%, do Tipo de Protocolo (PRO) seguido e do Tipo de Resina (RES) utilizada.

5.1.6 Interação entre os fatores e o Brilho (ANOVA *two-way*)

Analogamente ao procedimento seguido para a Rugosidade de Superfície, apresentamos na tabela 24, os efeitos de moderação entre os dois fatores (Tipo de Protocolo e Tipo de Resina) e a variável Brilho (ANOVA *two-way*).

Tabela 24 – Interações do Tipo de Protocolo e Tipo de Resina no Brilho

Origem	Tipo III Soma dos Quadrados	gl	Quadrado Médio	F	Sig.	Noncent. Parâmetro	Poder observado ^b
Modelo corrigido	115141,187 ^a	9	12793,465	1113,959	0,000*	10025,634	1,000
Intercepto	285344,797	1	285344,797	24845,693	0,000*	24845,693	1,000
PRO	108573,715	4	27143,429	2363,447	0,000*	9453,788	1,000
RES	38,019	1	38,019	3,310	0,069	3,310	,443
PRO * RES	6529,453	4	1632,363	142,134	0,000*	568,536	1,000
Erro	9072,896	790	11,485				
Total	409558,880	800					
Total corrigido	124214,083	799					

R²=,927 (R² Ajustado = ,926); *p<0,05

Os resultados obtidos são similares aos observados para a variável dependente Ra. Ou seja, o Brilho é significativamente influenciado, com uma probabilidade de erro de 5%, pelo Tipo de Protocolo (p<0,001) seguido e pelo efeito conjugado do Tipo de Protocolo com o Tipo de Resina (p<0,001). Realçamos ainda o facto do fator Tipo de Resina também influenciar, com uma probabilidade de erro de 10%, a intensidade do brilho. É ainda de sublinhar que a percentagem de brilho é explicada em 92,6% pelos dois fatores de forma isolada e pelo seu efeito conjugado, alcançando um nível superior ao observado para a variável Ra.

5.1.7 Correlação entre Brilho e Rugosidade de Superfície

Foi possível aferir até ao momento que tanto a Rugosidade de Superfície (Ra) como o Brilho (Br) dependem do Tipo de Protocolo (PRO) seguido como do Tipo de Resina (RES) utilizado. Importa agora aferir qual o sentido e com que intensidade a Rugosidade de Superfície influencia o Brilho. Assim, apresentaremos na tabela seguinte o coeficiente de correlação de *Pearson*, o qual mede a intensidade e a direção da associação linear entre duas variáveis quantitativas. Ainda que de natureza complementar, recorreremos igualmente ao Modelo de Regressão Linear Simples, considerando o Brilho como variável dependente e a Rugosidade de Superfície como variável independente.

Tabela 25 – Regressão Linear entre o Brilho e a Rugosidade de Superfície

	Coeficientes não padronizados B	Coeficientes padronizados β	t	Sig.
(Constante)	26,344		57,626	,000*
Rugosidade de Superfície	-,063	-,648	-24,048	,000*
R² Ajustado = 0,419 F=578,319 Sig.=0,000*				

*p<0,05

Pela análise do modelo de regressão linear simples, podemos concluir que estamos perante um modelo globalmente aderente ($F=578,319$; $p<0,001$), cuja variância da variável dependente (Brilho) é explicada em 41,9% (R^2 Ajustado) pela variável independente (Rugosidade de Superfície). As variáveis apresentam entre si uma correlação negativa estatisticamente significativa ($p<0,001$) cujo coeficiente de correlação de *Pearson* é de -0,648.

Estando nós perante um modelo de regressão linear simples e por um fenómeno que pode, eventualmente, assumir contornos deveras complexos, a identificação da rugosidade de superfície enquanto fator explicativo do brilho, pode revelar-se uma evidência relevante para o conhecimento científico. Ainda a propósito do modelo de regressão, foram verificados os restantes parâmetros de validade do modelo, em particular a estatística *Durbin-Watson*, relativa à independência dos resíduos. Os resultados alcançados corroboram na sua globalidade a fiabilidade do modelo apresentado.

Uma vez que foi identificada correlação entre as duas variáveis dependentes, apresentamos na tabela seguinte a análise MANOVA *two-way*, no sentido de identificar a interação dos dois fatores (Protocolo e Resina) no efeito conjugado da Rugosidade de Superfície com o Brilho.

Tabela 26 – Interação dos fatores com a Rugosidade de Superfície e com o Brilho (MANOVA)

Efeito		Valor	F	gl de hipótese	Erro gl	Sig.
Intercepto	Rastreio de Pillai	,971	13087,544	2,000	789,000	,000*
	Lambda de Wilks	,029	13087,544	2,000	789,000	,000*
	Rastreio de Hotelling	33,175	13087,544	2,000	789,000	,000*
	Maior raiz de Roy	33,175	13087,544	2,000	789,000	,000*
PRO	Rastreio de Pillai	1,361	420,211	8,000	1580,000	,000*
	Lambda de Wilks	,036	841,939	8,000	1578,000	,000*
	Rastreio de Hotelling	15,749	1551,246	8,000	1576,000	,000*
	Maior raiz de Roy	15,016	2965,590	4,000	790,000	,000*
RES	Rastreio de Pillai	,009	3,634	2,000	789,000	,027*
	Lambda de Wilks	,991	3,634	2,000	789,000	,027*
	Rastreio de Hotelling	,009	3,634	2,000	789,000	,027*
	Maior raiz de Roy	,009	3,634	2,000	789,000	,027*
PRO * RES	Rastreio de Pillai	,436	55,032	8,000	1580,000	,000*
	Lambda de Wilks	,570	63,953	8,000	1578,000	,000*
	Rastreio de Hotelling	,743	73,171	8,000	1576,000	,000*
	Maior raiz de Roy	,728	143,807	4,000	790,000	,000*

*p<0,05

Os resultados apresentados na tabela anterior vêm corroborar as evidências parcelares e segmentadas que fomos fazendo ao longo dos últimos pontos. Eliminando os efeitos entre as duas variáveis dependentes, concluímos que ambas são significativamente influenciadas, com uma probabilidade de erro de 5%, tanto pelo Tipo de Protocolo (PRO) seguido como pelo Tipo de Resina (RES) utilizada.

5.2 Resultados Laboratoriais

Ao longo do trabalho experimental executado foram feitas medições de rugosidade de superfície e recolha de imagens ao microscópio ótico, imagens estas que permitem uma comparação visual da morfologia das diversas superfícies analisadas. Neste sentido, é possível complementar os resultados estatísticos obtidos com a avaliação da topografia de superfície resultante dos efeitos dos diversos protocolos de polimento (Figuras 29-48).

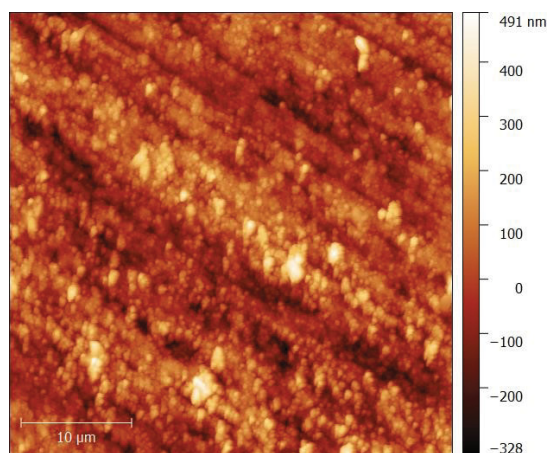


Figura 46 - Imagem AFM 2D do Protocolo 1 (Resina A)

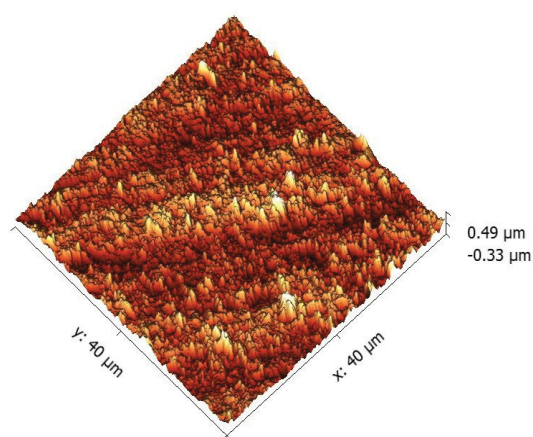


Figura 47 - Figura 30 - Imagem AFM 3D do Protocolo 1 (Resina A)

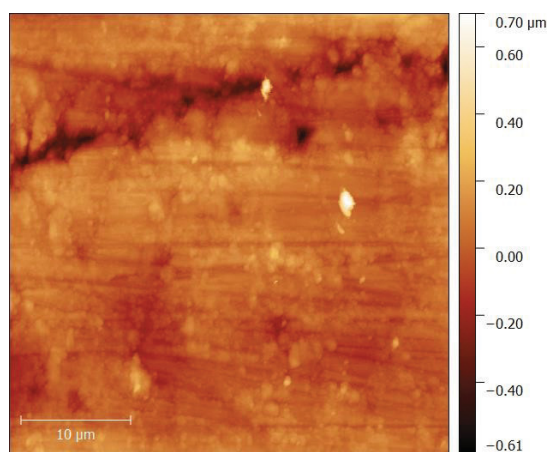


Figura 48 - Imagem AFM 2D do Protocolo 1 (Resina B)

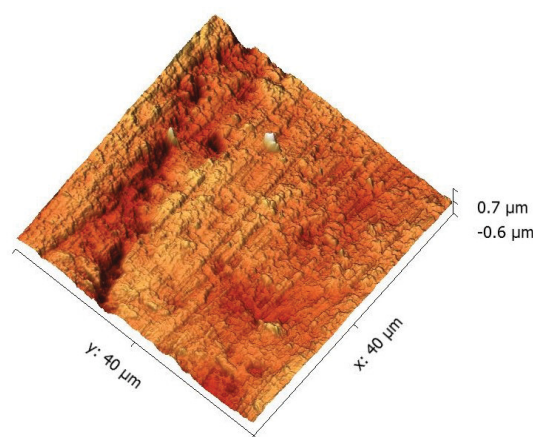


Figura 49 - Figura 32 - Imagem AFM 3D do Protocolo 1 (Resina B)

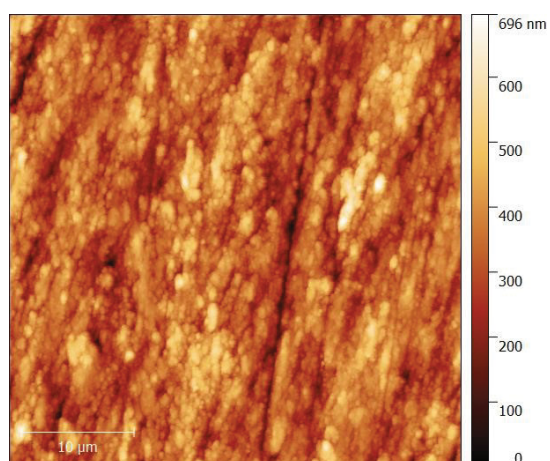


Figura 50 - Imagem AFM 2D do Protocolo 2 (Resina A)

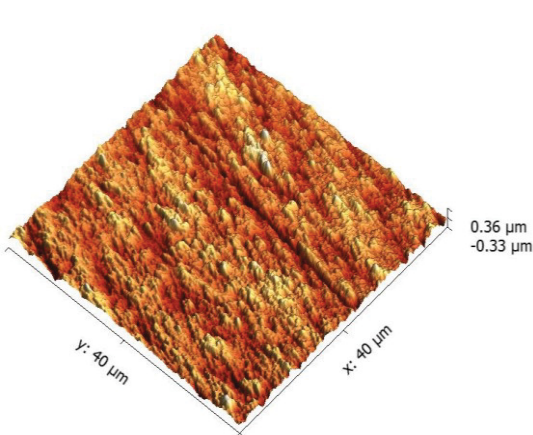


Figura 51 - Imagem AFM 3D do Protocolo 2 (Resina A)

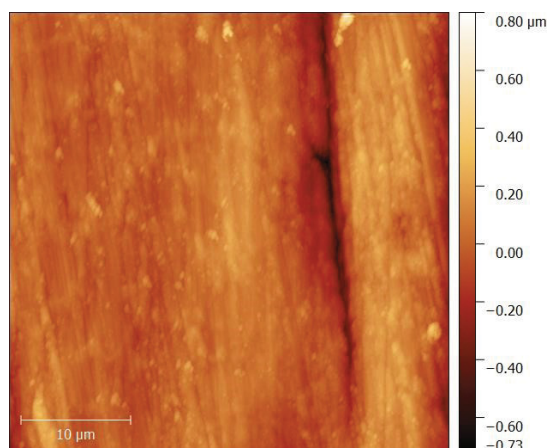


Figura 52 - Imagem AFM 2D do Protocolo 2 (Resina B)

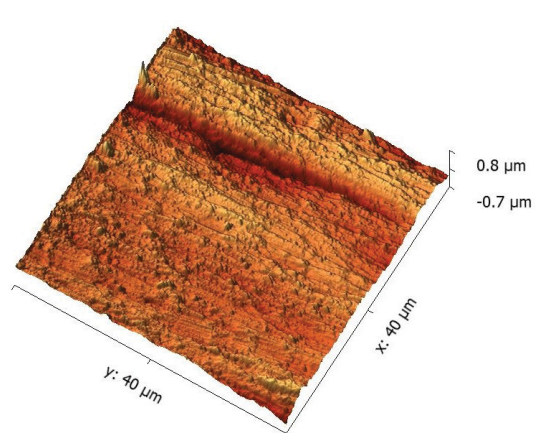


Figura 53 - Imagem AFM 3D do Protocolo 2 (Resina B)

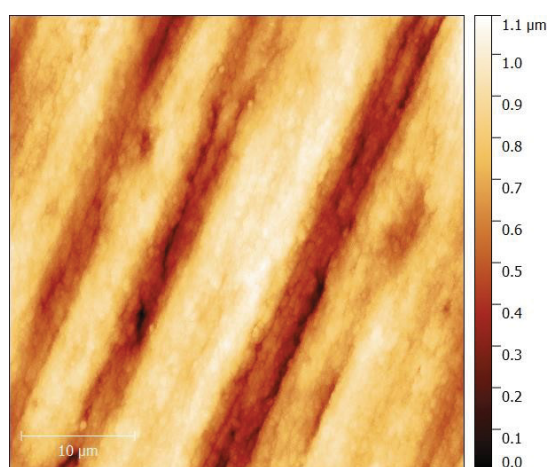


Figura 54 - Imagem AFM 2D do Protocolo 3 (Resina A)

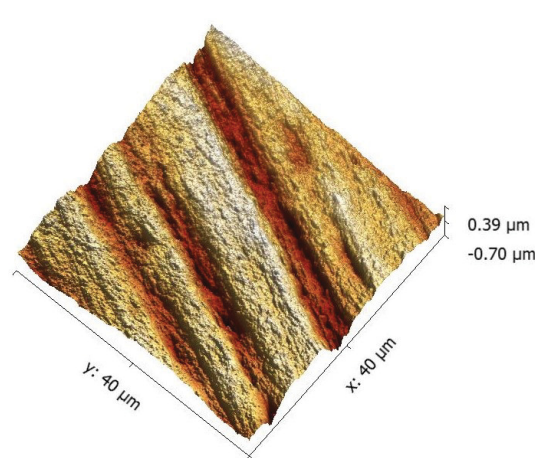


Figura 55 - Imagem AFM 3D do Protocolo 3 (Resina A)

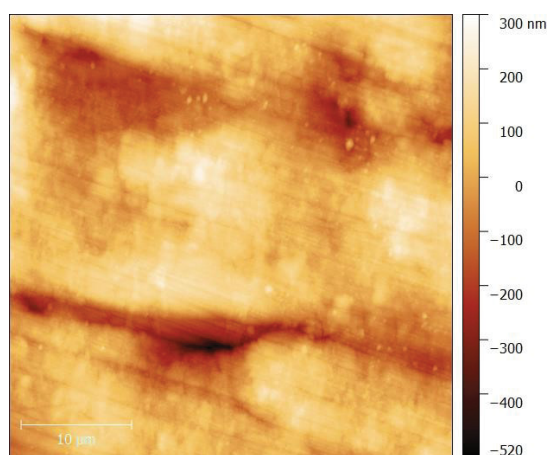


Figura 56 - Imagem AFM 2D do Protocolo 3 (Resina B)

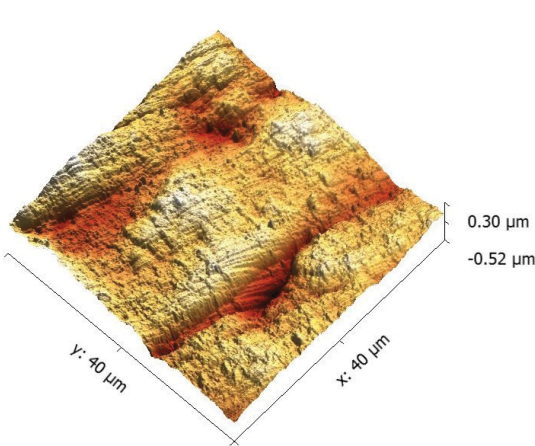


Figura 57 - Imagem AFM 3D do Protocolo 3 (Resina B)

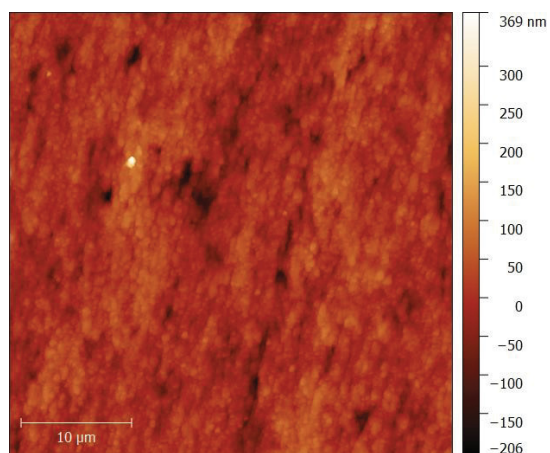


Figura 58 - Imagem AFM 2D do Protocolo 4 (Resina A)

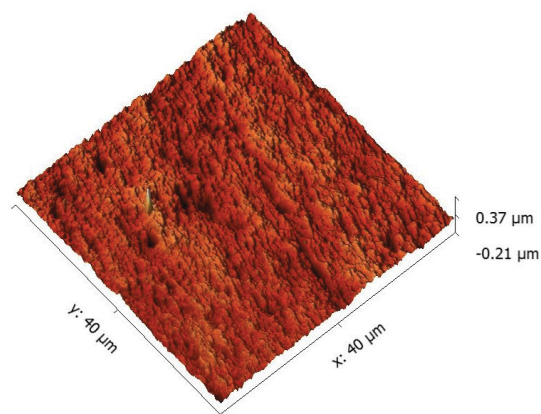


Figura 59- Imagem AFM 3D do Protocolo 4 (Resina A)

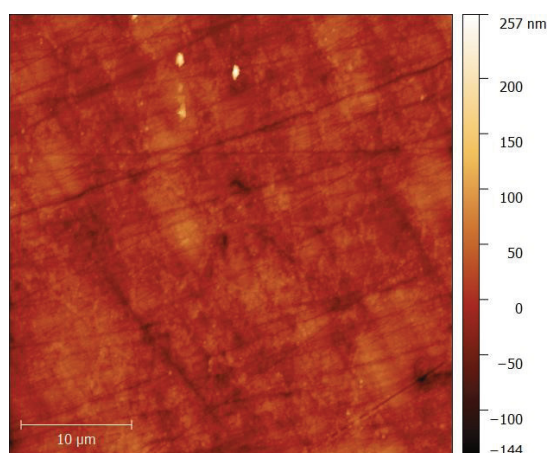


Figura 60 - Imagem AFM 2D do Protocolo 4 (Resina B)

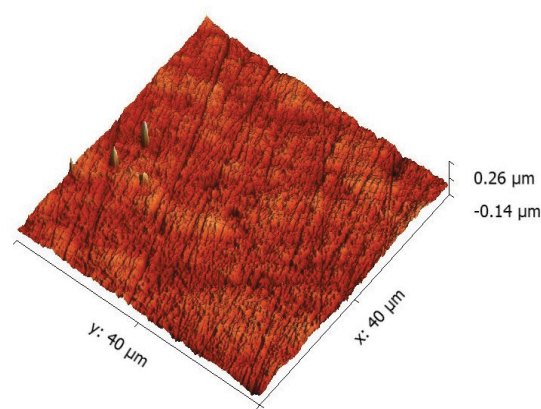


Figura 61 - Imagem AFM 3D do Protocolo 4 (Resina B)

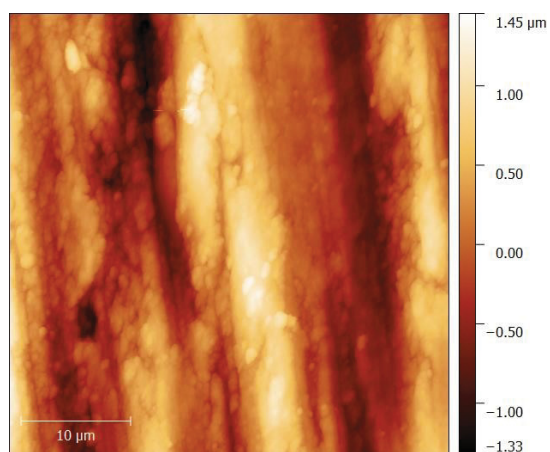


Figura 62 - Imagem AFM 2D do Protocolo 5 (Resina A)

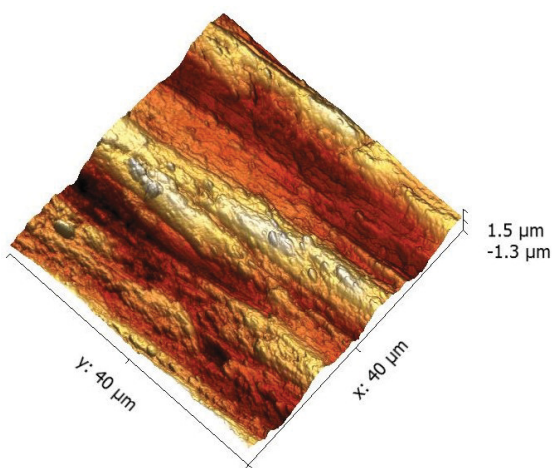


Figura 63 - Imagem AFM 3D do Protocolo 5 (Resina A)

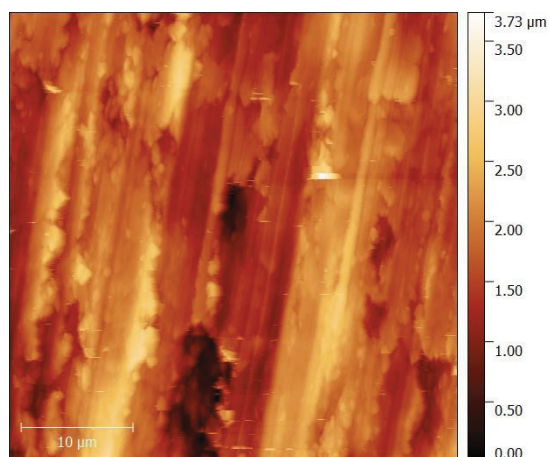


Figura 64 - Imagem AFM 2D do Protocolo 5 (Resina B)

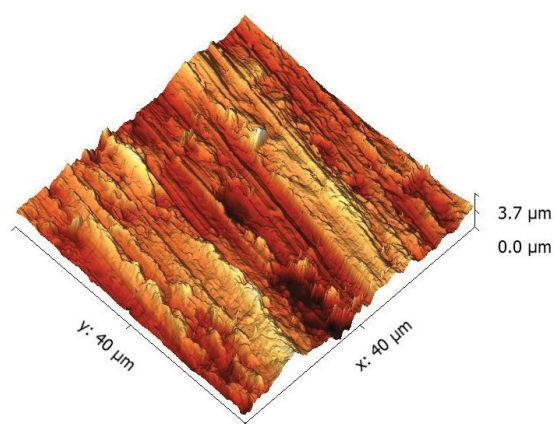


Figura 65 - Imagem AFM 3D do Protocolo 5 (Resina B)

Tal como evidenciado anteriormente, as imagens apresentadas demonstram as variações existentes a nível da topografia das superfícies analisadas microscopicamente, realçando assim as diferenças visíveis nos dois tipos de resina composta testados.

No sentido de conjugar os dados estatísticos enunciados e os resultados laboratoriais recolhidos, dedicaremos o próximo capítulo à análise pormenorizada da rugosidade das superfícies tratadas com as diferentes técnicas de polimento já descritas.

VI – DISCUSSÃO

Estudos clínicos têm demonstrado que a rugosidade de superfície (Ra) de uma restauração direta afeta diretamente a saúde gengival do dente a reabilitar, devido à redução da eficácia dos procedimentos de higiene oral e ao possível aumento da acumulação de placa bacteriana.

Da análise dos resultados enunciados no capítulo anterior, e observando as médias dos resultados obtidos, tanto entre os protocolos avaliados como entre as resinas testadas, é possível observar que não há valores de rugosidade de superfície superiores a 200 nm (valor mínimo estimado para a adesão da placa bacteriana à superfície dentária), com exceção do protocolo de controlo. Neste sentido, considera-se fundamental a execução, tanto da fase de acabamento como da fase de polimento, no sentido de evitar a existência de uma rugosidade capaz de reter placa bacteriana inviabilizando, consequentemente, a aparência estética e durabilidade da restauração estética executada.

Tal como demonstrado por Aytac *et al.* (2016), os resultados obtidos evidenciam que a rugosidade de superfície (Ra) é uma das características dos biomateriais que demonstrou ser influenciada pelo tipo de acabamento e polimento aplicado ($p < 0,001$), em qualquer um dos tipos de resina composta testados. Atendendo a estes resultados, e avaliando as diferenças entre os diversos protocolos na resina *Brilliant Everglow™* e na resina *Filtek™ Supreme XT*, demarca-se a aceitação das hipóteses alternativas 1 e 2 do presente estudo, as quais assumem a existência de diferenças estatisticamente significativas no efeito de diferentes protocolos de acabamento e polimento na rugosidade de superfície e brilho da resina composta nanohíbrida e nanoparticulada, respetivamente.

Da avaliação geral e ordenação dos vários sistemas de polimento, distingue-se o protocolo 5 (PRO5-C) como aquele que induz uma maior rugosidade de superfície (valor médio de 329,32 nm) em ambas as resinas e que, portanto, poderá desempenhar uma pior performance a nível clínico.

Observando as imagens laboratoriais correspondentes (Figuras 45 a 48) e assumindo que o protocolo 5 apenas se baseou na aplicação de um método de acabamento, sem aplicação de um método de polimento, é possível justificar os resultados obtidos para este protocolo, uma vez que a fase de acabamento apenas permite um contorno grosseiro das margens da

restauração direta, de forma a remover irregularidades de maior profundidade e atingir a anatomia desejada, sem que tal crie uma superfície mais suave, de baixa rugosidade e com elevado lustre. Por este motivo, se realça a necessidade e eficácia da aplicação de um método de polimento na fase final da confecção de uma restauração direta a resina composta, tal como evidenciado por Türkün e Leblebicioğlu (2006).

Pelo contrário, observando com detalhe as imagens obtidas ao microscópio (Figuras 56 a 59) e avaliando os resultados obtidos para Ra, verificou-se que o protocolo 4 (PRO4) apresentou um melhor desempenho com valores mais baixos de rugosidade (valor médio de 18,69 nm), quando comparados com os restantes protocolos de polimento.

Berastegui *et al.* (1992), Janus *et al.* (2010) e Gönülol & Yilmaz (2012), demonstraram que os discos flexíveis de óxido de alumínio (como é o caso dos discos Sof-Lex™ XT e as borrachas do sistema Enhance®, ambos utilizados neste protocolo de polimento), foram considerados os melhores instrumentos de polimento, na medida em que removem tanto as partículas de carga inorgânica como a própria matriz orgânica da superfície do biomaterial (Aytac *et al.*, 2016). Por esse motivo, este tipo de instrumentos demonstrou uma maior suavidade de superfície, também produzida pelo protocolo 4, e que se pode comprovar pelas imagens topográficas para esta técnica de polimento.

Sucessivos estudos têm demonstrado que os procedimentos clínicos de polimento que atingem uma melhor performance a nível de rugosidade, são aqueles que contém partículas abrasivas diamantadas (Jung, 2002). Tal facto assume maior relevância quando incluímos um veículo de polimento que permite uma maior dispersão destas partículas diamantadas, como é o caso da pasta de polimento Diashine® *Polishing Compound*, aplicada em conjunto com uma escova de cerdas macias (*SHP Soft Bristle Brush*).

Os fatores acima referidos, e quando aplicados de forma sequencial por ordem decrescente de granulometria, induzem uma rugosidade de superfície muito inferior nas resinas testadas, o que explica os excelentes resultados obtidos para o protocolo 4.

Analisando, em pormenor, a ordenação dos protocolos testados, verificou-se que o protocolo 1 (PRO1) é aquele que apresenta, depois do protocolo 4, uma menor rugosidade de superfície (59,59 nm), facto que corrobora a conclusão acima evidenciada relativamente à utilização de discos flexíveis de óxido de alumínio.

Note-se que, tanto a baixa rugosidade (Figuras 44 a 47) como o próprio brilho de superfície são superiores devido à posterior utilização das espirais Sof-Lex™, também com partículas de óxido de alumínio, mas com partículas abrasivas de menor granulometria relativamente aos discos acima descritos. Nesse sentido, realça-se a eficácia da utilização sequencial destes instrumentos e a aplicação de espirais, de modo a aumentar a suavidade e o brilho da superfície previamente tratada com os discos Sof-Lex™.

No sentido de confirmar as observações acima enunciadas, os resultados obtidos para o protocolo 2 (PRO2) realçam a evidência de que os discos Sof-Lex™ estão identificados como os melhores instrumentos de polimento, na indução de uma baixa rugosidade de superfície (Figuras 48 a 51).

É importante referir que a dureza e abrasividade das espirais descritas não são suficientes para remover as partículas de carga inorgânica à superfície da resina, de forma a melhorar a sua topografia. Verifica-se, portanto, que a utilização exclusiva das espirais Sof-Lex™ não é suficiente para reduzir a rugosidade à superfície da resina composta, demonstrando a importância da utilização de instrumentos de maior grau de abrasividade.

Por outro lado, analisando as características dos instrumentos testados no protocolo 3 (PRO3) e de acordo com os resultados estatísticos descritos no capítulo anterior, é possível explicar a baixa performance deste protocolo, assumindo a elevada abrasividade dos discos Alpen® Swiss-Flex™ de grão médio e de grão fino (50 µm e 30 µm, respetivamente). Desta forma, é de referir que a utilização das duas borrachas DIATECH® ShapeGuard não é suficiente para colmatar a elevada rugosidade produzida pelos discos acima referidos, apesar da sua baixa abrasividade e constituição em partículas diamantadas.

Observando a interação da rugosidade de superfície e os restantes fatores, é possível verificar que a variável Ra é significativamente influenciada pelo fator Tipo de Resina, para uma significância de 10% ($p=0,069$). Esta observação é justificável uma vez que a rugosidade depende do tipo, forma, concentração e quantidade de partículas inorgânicas existentes na resina composta testada.

Observando as características gerais de ambas as resinas, é expectável que a resina *Filtek™ Supreme XT* apresente uma performance superior a nível de rugosidade de

superfície, já que é constituída por aglomerados de partículas de zircónia-sílica (*nanoclusters*), apresentando também uma percentagem superior de partículas de carga inorgânica. Dessa forma, a remoção de material à superfície da resina composta, induz irregularidades de menor dimensão, o que se poderá traduzir em resultados mais baixos em termos de rugosidade. Por outro lado, a resina *Brilliant Everglow™* é constituída por partículas de vidro de sílica, o que provoca um aumento da porosidade do biomaterial e, consequentemente, uma maior rugosidade de superfície.

Atendendo ao enunciado anteriormente, verificou-se que a rugosidade varia nos dois tipos de resina nos protocolos 2 ($p<0,001$), 3 ($p=0,047$) e 4 ($p<0,001$). O melhor desempenho da resina *Filtek™ Supreme XT* no protocolo 4 corresponde ao resultado expectável e deve-se, maioritariamente, ao facto de ocorrer rutura da matriz orgânica que compõe a resina, havendo perda de partículas de resina pré-polimerizada, tal como evidenciado por Senawongse & Pongprueksa (2007). Esta perda de substância na superfície da resina, associada à elevada concentração de partículas de carga por unidade de volume (63,3%) e à presença de *nanoclusters* de zircónia-sílica fez com que a resina nanoparticulada tivesse demonstrado melhor performance no que respeita à rugosidade de superfície, quando comparada com a resina nanohíbrida. Tal facto é demonstrado por diversos autores que estudam a resina *Filtek™ Supreme XT*, como é o caso de Antonson *et al.* (2011) e Gönülol & Yilmaz (2012). É também importante referir que, para além da variação da composição de ambas as resinas, o tipo de protocolo de polimento teve relevância nos resultados finais, tendo exercido maior influência na resina nanoparticulada, do que na resina nanohíbrida.

Pelo contrário, é de notar que os protocolos 2 e 3 demonstraram melhores resultados de rugosidade e de brilho na resina *Brilliant Everglow™*, facto associado à constituição em partículas de tamanho médio inferior ($0,02\ \mu\text{m}$ a $1\ \mu\text{m}$), e que faz com que a remoção de material à superfície, provocado pelas partículas abrasivas dos sistemas de polimento, induza irregularidades e ranhuras de menor profundidade.

Os resultados de R_a obtidos para ambos os biomateriais podem ser confirmados pelos estudos de Demarco *et al.* (2015) e de Kaizer *et al.* (2014), que evidenciam que tanto no protocolo 1 ($p=0,112$) como no protocolo 5 ($p=0,735$) não existem diferenças significativas entre as duas resinas compostas. A justificação para tal facto centra-se na natureza grosseira de ambos os protocolos e pela remoção excessiva de material à

superfície que induzem, fazendo com que a composição das resinas não tenha influência na rugosidade final que apresentam.

De acordo com os resultados evidenciados por tipo de protocolo, é de notar que a resina nanohíbrida apresenta valores de rugosidade de superfície sem diferenças estatisticamente significativas nos protocolos 1 e 2 ($p=0,361$). Atendendo a estes resultados, entende-se assim que a utilização dos discos de óxido de alumínio no protocolo 1 não evidenciou melhorias relevantes no resultado final de rugosidade, apenas demonstrando uma performance superior no que respeita ao brilho da superfície do biomaterial.

Recorrendo à análise da regressão linear simples entre o brilho e a rugosidade de superfície, o presente estudo demonstrou que, assim como Kakaboura *et al.* (2007), ambas as variáveis apresentam uma correlação negativa (sendo o coeficiente de *Pearson* igual a $-0,648$), na medida em que o brilho é tanto maior quanto menor for a rugosidade de uma superfície. Ainda assim, a variável dependente (Br) é apenas explicada em 41,9% pela variável independente (Ra), o que justifica o impacto significativo de outros fatores na variação do brilho de superfície de ambas as resinas compostas, facto evidenciado por Kaizer *et al.* (2014).

De acordo com os resultados obtidos, em concordância com os estudos de Heintze *et al.* (2006), entende-se que o brilho e a rugosidade de superfície são duas variáveis que dependem uma da outra, no entanto, não variam na mesma proporção. Desta forma, apesar de necessária para uma melhoria do brilho, a rugosidade não é suficiente para que este varie na mesma medida, e por este motivo o brilho vai aumentando ao longo do procedimento de polimento de uma forma mais linear do que a rugosidade de superfície.

No sentido de intensificar a relevância desta correlação entre as variáveis rugosidade e brilho de superfície, é importante referir que a ordenação dos protocolos de polimento testados por percentagem de brilho nas amostras da resina nanohíbrida, é igual à ordenação evidenciada por rugosidade de superfície. O protocolo 4, que evidenciou os menores valores de rugosidade de superfície, apresentou também os maiores valores de brilho, facto explicado pela aplicação de instrumentos que induzem elevado lustre como é o caso dos discos de camurça e dos instrumentos com partículas diamantadas.

Pelo contrário, a ordenação dos protocolos para ambas as resinas, por valor médio de

brilho, revelou ser diferente em relação à ordenação estabelecida para a resina nanoparticulada. Ainda assim, é de referir que estas diferenças observadas não são significativas no contexto geral e na relação entre as duas variáveis rugosidade e brilho de superfície.

De uma forma geral, a análise estatística permite aferir que protocolos que demonstraram menores valores de Ra, apresentaram elevados valores de Br e, consequentemente, melhores resultados no que concerne à performance dos protocolos descritos.

Para além de depender do tipo de protocolo aplicado, é de referir que, para um nível de significância de 10%, o brilho depende igualmente do tipo de resina testado ($p=0,069$).

De acordo com os estudos de Kaizer *et al.* (2014), confirmou-se que a reflexão difusa é menor em biomateriais com partículas de menores dimensões (como é o caso da resina nanohíbrida), criando um brilho superior neste tipo de superfícies. Nesse sentido, entende-se a razão pela qual a resina nanohíbrida demonstrou valores de brilho superiores na maioria dos protocolos testados.

Atendendo aos resultados previamente discutidos, verificou-se que a utilização de sistemas de polimento com dois passos, em comparação com sistemas mais complexos, não é vantajosa na caracterização e morfologia de superfície para ambos os materiais testados, na medida em que os protocolos com múltiplos passos (Protocolo 1 e 4) revelaram os melhores resultados para ambas as variáveis testadas, como demonstrado por Jung *et al.* (2007).

VII – CONCLUSÃO

Considerando as limitações deste estudo *in vitro* foi possível concluir que, tanto a rugosidade de superfície como o próprio brilho do biomaterial, são influenciados pelos tipos de protocolos utilizados e por ambos os tipos de resinas testados.

Por outro lado, concluiu-se que o brilho depende parcialmente da rugosidade de superfície do material restaurador estético, sendo igualmente influenciado por outros fatores que, no seu conjunto, explicam as variações nos valores de brilho medidos para os diversos protocolos aplicados.

As conclusões evidenciadas para as variáveis rugosidade e brilho, permitiram destacar o protocolo 4 como aquele que apresentou um melhor desempenho a nível experimental e que, muito provavelmente demonstraria uma melhor performance a nível clínico. Neste sentido, e com vista a maximizar o sucesso clínico da restauração direta de dentes anteriores, sugere-se a preferência por uma resina nanoparticulada (*Filtek™ Supreme XT*), quando se opta pelo protocolo acima referido.

Pelo contrário, realça-se a preferência por uma resina nanohíbrida (como é o caso da resina *Brilliant Everglow™*) nos restantes protocolos testados, assumindo a influência que a estrutura da matriz resinosa e as características das partículas de carga têm na composição geral do biomaterial.

De um modo geral, compreende-se que, no sentido de se atingir uma estética adequada do material restaurador e uma elevada durabilidade dessa aparência estética, é necessário garantir não só uma escolha adequada do biomaterial a utilizar, como também a preferência por um procedimento de polimento que resulte na mais perfeita textura de superfície.

Os resultados do presente estudo proporcionam ao médico dentista alguma flexibilidade na escolha do protocolo clínico de polimento a utilizar, aplicando essa mesma técnica ao tipo de resina composta que mais se adequa. Ainda assim, é de realçar a importância na progressiva e contínua investigação científica, no sentido de explicar os resultados controversos que surgem associados ao aparecimento de novos sistemas de acabamento e polimento.

Perspetivas Futuras

O desenvolvimento progressivo e a atualização sucessiva de novos biomateriais pressupõem o estudo de novos e melhorados métodos de polimento, aplicados aos materiais restauradores referidos. Nesse sentido, seria importante que os protocolos descritos e testados no presente estudo fossem avaliados do ponto de vista clínico, com vista a confirmar ou a refutar os resultados experimentais obtidos.

Seria igualmente relevante fazer uma avaliação das resinas compostas testadas, no que respeita à retenção do brilho de superfície ao longo do tempo e à estabilidade de cor após imersão em diferentes tipos de pigmentos.

Os trabalhos de investigação atuais que avaliam a influência de protocolos de acabamento e polimento na rugosidade de superfície, seriam fortemente complementados com estudos que testassem diferentes nanocompósitos, não só a nível de rugosidade e brilho como também a nível da estabilidade de cor após polimento de superfície.

A excelência da preparação final de uma restauração direta estética seria também alcançada com estudos que avaliassem novos métodos de tratamento de superfície, com aplicabilidade e durabilidade em reabilitações estéticas a resina composta.

VIII - BIBLIOGRAFIA

- Antonson, S. A., Yazici, A. R., Kilinc, E., Antonson, D. E., & Hardigan, P. C. (2011). Comparison of different finishing/polishing systems on surface roughness and gloss of resin composites. *Journal of Dentistry*, 39(SUPPL. 1), 9–17. <http://doi.org/10.1016/j.jdent.2011.01.006>
- Anusavice, K.J., Shen, C. & Rawls, H.R. (2013). Mechanical Properties of Dental Materials. In *Phillip's Science of Dental Materials* (pp. 48-68). St.Louis, EUA: Elsevier Saunders.
- Anusavice, K.J., Shen, C. & Rawls, H.R. (2013). Physical and Chemical Properties of Solids. In *Phillip's Science of Dental Materials* (pp. 30-47). St.Louis, EUA: Elsevier Saunders.
- Aytac, F., Sirin Karaarslan, E., Agaccioglu, M., Tastan, E., Buldur, M., & Kuyucu, E. (2016). Effects of Novel Finishing and Polishing Systems on Surface Roughness and Morphology of Nanocomposites. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 28(4), 247–261.
- Barakah, H. M., & Taher, N. M. (2014). Effect of polishing systems on stain susceptibility and surface roughness of nanocomposite resin material. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 112(3), 625–631. <http://doi.org/10.1016/j.prosdent.2013.12.007>
- Bayne, S.C. & Tompson, J.Y. (2013). Biomaterials. In Heymann, H.O., Jr, E.J.S. & Ritter, A.V. (Eds.), *Sturdevant's Art and Science of Operative Dentistry* (pp. e1-e97). St.Louis, EUA: Elsevier Saunders.
- Berastegui, E., Canalda, C., Brau, E. & Miquel, C. (1992). Surface roughness of finished composite resins. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 68(5), 742-749. [http://doi.org/10.1016/0022-3913\(92\)90195-G](http://doi.org/10.1016/0022-3913(92)90195-G)
- BYK Additives & Instruments (2010). Micro-Gloss Manual, Geretsried, Germany. Disponível em https://www.byk.com/fileadmin/byk/.../260020398_E_1008.pdf
- Da Costa, J., Ferracane, J., Paravina, R. D., Mazur, R. F., & Roeder, L. (2007). The effect of different polishing systems on surface roughness and gloss of various resin

- composites. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 19(4), 214–224. <http://doi.org/10.1111/j.1708-8240.2007.00104.x>
- Demarco, F. F., Collares, K., Coelho-De-Souza, F. H., Correa, M. B., Cenci, M. S., Moraes, R. R., & Opdam, N. J. M. (2015). Anterior composite restorations: A systematic review on long-term survival and reasons for failure. *Dental Materials*, 31(10), 1214–1224. <http://doi.org/10.1016/j.dental.2015.07.005>
- Dentsply (2013). Enhance® Finishing and Polishing System: directions for use, Surrey, United Kingdom. Disponível em https://www.dentsply.com/content/dam/dentsply/pim/manufacture/Restorative/Accessories/Finishing__Polishing/Finishing/Enhance_Finishing_System/Enhance-pmtxgzm-en--1402
- Dodge, W. W., Dale, R. A., Cooley, R. L., & Duke, E. S. (1991). Comparison of wet and dry finishing of resin composites with aluminum oxide discs. *Dental Materials*, 7(1), 18–20. [http://doi.org/10.1016/0109-5641\(91\)90020-Y](http://doi.org/10.1016/0109-5641(91)90020-Y)
- Ergücü, Z., & Türkün, L. S. (2007). Surface roughness of novel resin composites polished with one-step systems. *Operative Dentistry*, 32(2), 185–192. <http://doi.org/10.2341/06-56>
- Ferreira, P. M., Souto, S. H. A., Borges, B. C. D., Assunção, I. V. de, & Costa, G. de F. A. da. (2015). Impact of a novel polishing method on the surface roughness and micromorphology of nanofilled and microhybrid composite resins. *Revista Portuguesa de Estomatologia, Medicina Dentaria E Cirurgia Maxilofacial*, 56(1), 18–24. <http://doi.org/10.1016/j.rpemd.2015.01.002>
- Giacomelli, L. Derchi, G., Frustaci, A., Bruno, O., Covani, U. Barone, A., ... Chiappelli, F. (2010). Surface roughness of commercial composites after different polishing protocols: an analysis with atomic force microscopy. *The Open Dentistry Journal*, 4, 191-194. <http://doi.org/10.2174/1874210601004010191>
- Gonçalves, M. a, Teixeira, V. C. F., Rodrigues, S. S. M. F. G., de Oliveira, R. S. M. F., & Salvio, L. a. (2012). Evaluation of the roughness of composite resins submitted to different surface treatments. *Acta Odontológica Latinoamericana : AOL*, 25(1), 89–95. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22928387>

- Gönülol, N. & Yilmaz, F. (2012). The effects of finishing and polishing techniques on surface roughness and color stability of nanocomposites. *Journal of Dentistry*, 40(Suppl.2), 64-70. <http://doi.org/10.1016/j.jdent.2012.07.005>
- Grissom, R. J. (2000). Heterogeneity of variance in clinical data. *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, 68(1), 155–165. <http://doi.org/10.1037/0022-006X.68.1.155>
- Heintze, S. D., Forjanic, M., & Rousson, V. (2006). Surface roughness and gloss of dental materials as a function of force and polishing time in vitro. *Dental Materials*, 22(2), 146–165. <http://doi.org/10.1016/j.dental.2005.04.013>
- Heymann, H.O., Ritter, A.V. & Roberson, T.M. (2013). Introduction to Composite Restorations. In Heymann, H.O., Jr, E.J.S. & Ritter, A.V. (Eds.), *Sturdevant's Art and Science of Operative Dentistry* (pp. 216-228). St.Louis, EUA: Elsevier Saunders.
- Hilton, T.J & Broome, J.C. (2013). Direct Posterior Esthetic Restorations. In Hilton, T.J., Ferracane, J.L. & Broome, J.C. (Eds.), *Summitt's fundamentals of operative dentistry: a contemporary approach* (pp.279-323). Illinois, EUA: Quintessence Publishing Co Inc.
- ISO 2813: 2014. Paints and varnishes – Determination of gloss value at 20 degrees, 60 degrees and 85 degrees. (2014). Geneve, Suiça.
- Janus, J., Fauxpoint, G., Arntz, Y., Pelletier, H., & Etienne, O. (2010). Surface roughness and morphology of three nanocomposites after two different polishing treatments by a multitechnique approach. *Dental Materials*, 26(5), 416–425. <http://doi.org/10.1016/j.dental.2009.09.014>
- Jefferies, S. R. (2007). Abrasive Finishing and Polishing in Restorative Dentistry: A State-of-the-Art Review. *Dental Clinics of North America*. <http://doi.org/10.1016/j.cden.2006.12.002>
- Joniot, S., Salomon, J. P., Dejou, J., & Grégoire, G. (2006). Use of two surface analyzers to evaluate the surface roughness of four esthetic restorative materials after polishing. *Operative Dentistry*, 31(1), 39–46. <http://doi.org/10.2341/04-166>

- Jung, M. (2002). Finishing and polishing of a hybrid composite and a heat-pressed glass ceramic. *Operative Dentistry*, 27(2), 175–83.
- Jung, M., Eichelberger, K., & Klimek, J. (2007). Surface geometry of four nanofiller and one hybrid composite after one-step and multiple-step polishing. *Operative Dentistry*, 32(4), 347–55. <http://doi.org/10.2341/06-101>
- Jung, M., Sehr, K., & Klimek, J. (2007). Surface texture of four nanofilled and one hybrid composite after finishing. *Operative Dentistry*, 32(1), 45–52. <http://doi.org/10.2341/06-9>
- Kaizer, M. R., De Oliveira-Ogliari, A., Cenci, M. S., Opdam, N. J. M., & Moraes, R. R. (2014). Do nanofill or submicron composites show improved smoothness and gloss? A systematic review of in vitro studies. *Dental Materials*, 30(4), e41–e78. <http://doi.org/10.1016/j.dental.2014.01.001>
- Kakaboura, A., Fragouli, M., Rahiotis, C. & Silikas, N. (2007). Evaluation of surface characteristics of dental composites using profilometry, scanning electron, atomic force microscopy and gloss-meter. *Journal of Materials Science: Materials in Medicine*, 18(1), 155-163. <http://doi.org/10.1007/s10856-006-0675-8>
- Lainovic, T., Blazic, L., Kukuruzovic, D., Vilotic, M., Ivanisevic, A., & Kakas, D. (2014). Effect of diamond paste finishing on surface topography and roughness of dental nanohybrid composites - AFM analysis. *Procedia Engineering*, 69, 945–951. <http://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.03.074>
- Lu, H., Lee, Y.-K., Oguri, M., & Powers, J. M. (2006). Properties of a dental resin composite with a spherical inorganic filler. *Operative Dentistry*, 31, 734–740. <http://doi.org/10.2341/05-154>
- Lutz, F., & Phillips, R. W. (1983). A classification and evaluation of composite resin systems. *Operative Dentistry*, 50(4), 480–488. [http://doi.org/10.1016/0022-3913\(83\)90566-8](http://doi.org/10.1016/0022-3913(83)90566-8)
- Manhart, J., Kunzelmann, K. H., Chen, H. Y., & Hickel, R. (2000). Mechanical properties of new composite restorative materials. *Journal of Biomedical Materials Research*, 53(4), 353–361.

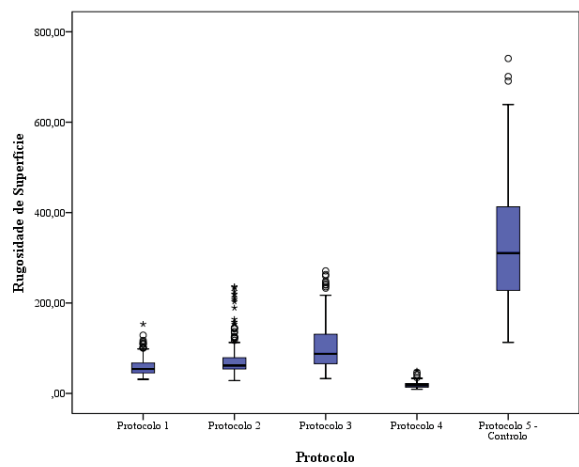
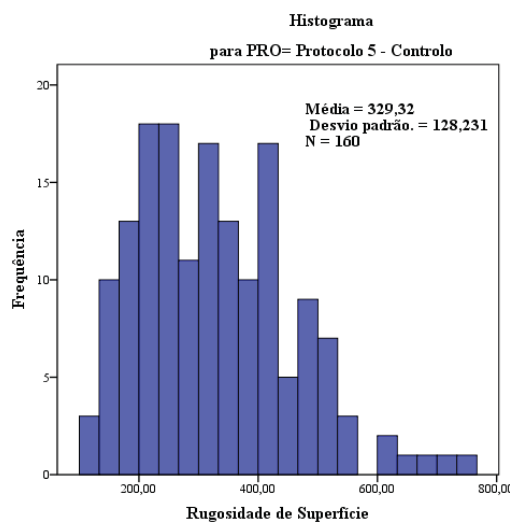
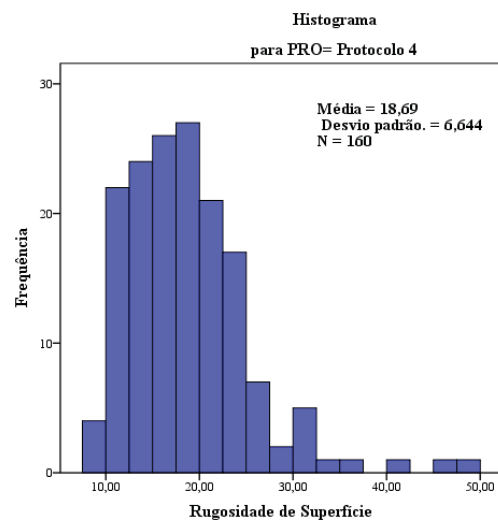
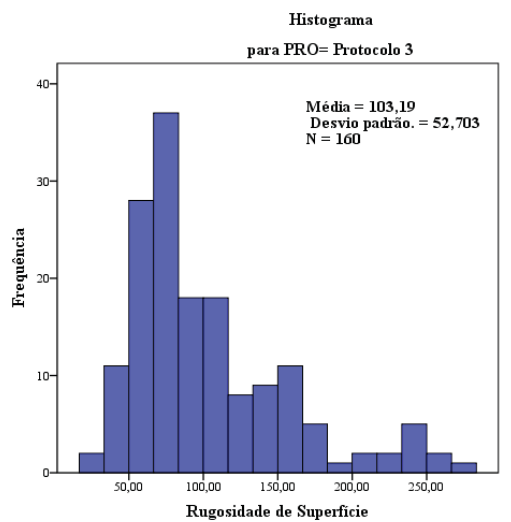
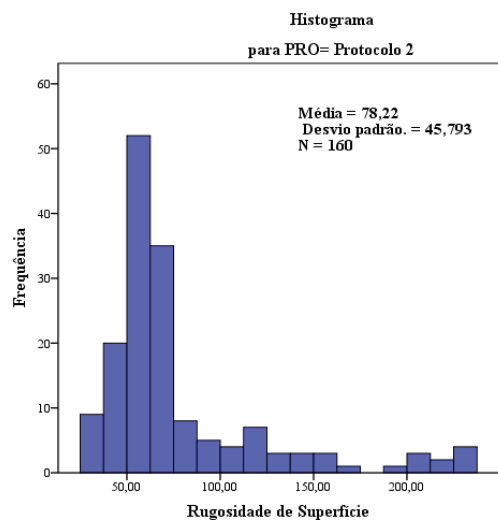
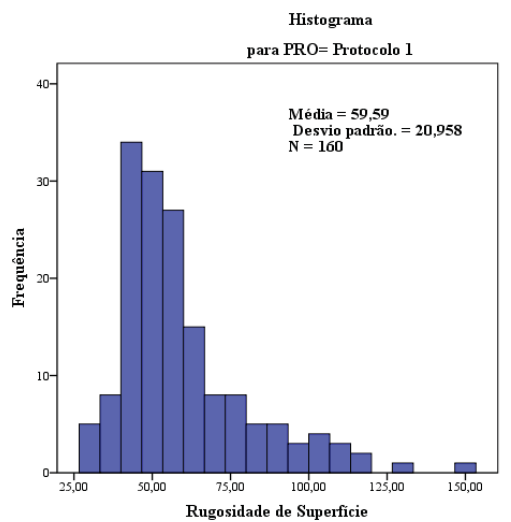
- Marôco, J. (2014). *Análise Estatística com o SPSS Statistics*. Pêro Pinheiro, Portugal: ReportNumber, Lda.
- Martin, N., Jedynekiewicz, N. M., & Fisher, A. C. (2003). Hygroscopic expansion and solubility of composite restoratives. *Dental Materials*, 19(2), 77–86. [http://doi.org/10.1016/S0109-5641\(02\)00015-5](http://doi.org/10.1016/S0109-5641(02)00015-5)
- Oliveira, R. R. L. De, Albuquerque, D. a. C., Cruz, T. G. S., & Leite, F. M. Y. and F. L. (2012). Measurement of the Nanoscale Roughness by Atomic Force Microscopy: Basic Principles and Applications. *Atomic Force Microscopy - Imaging, Measuring and Manipulating Surfaces at the Atomic Scale*, 256. <http://doi.org/DOI:10.5772/37583>
- Paravina, R.D. (2013). Color and Shade Matching. In Hilton, T.J., Ferracane, J.L. & Broome, J.C. (Eds.), *Summitt's fundamentals of operative dentistry: a contemporary approach* (pp.79-92). Illinois, EUA: Quintessence Publishing Co Inc.
- Peutzfeldt, a. (1997). Resin composites in dentistry: the monomer systems. *European Journal of Oral Sciences*, 105(2), 97–116. <http://doi.org/10.1111/j.1600-0722.1997.tb00188.x>
- Refinetti, R. (1996). Demonstrating the consequences of violations of assumptions in between-subjects analysis of variance. *Teaching of Psychology*, 23(1), 51–54. http://doi.org/10.1207/s15328023top2301_14
- Robbins, J.W. (2013). Esthetic Considerations in Diagnosis and Treatment Planning. In Hilton, T.J., Ferracane, J.L. & Broome, J.C. (Eds.), *Summitt's fundamentals of operative dentistry: a contemporary approach* (pp.68-78). Illinois, EUA: Quintessence Publishing Co Inc.
- Rodríguez, H. A., Giraldo, L. F., & Casanova, H. (2015). Formation of functionalized nanoclusters by solvent evaporation and their effect on the physicochemical properties of dental composite resins. *Dental Materials*, 31(7), 789–798. <http://doi.org/10.1016/j.dental.2015.04.001>
- Senawongse, P. & Pongprueksa, P. (2007). Surface roughness of nanofill and nanohybrid resin composites after polishing and brushing. *Journal of Esthetic and Restorative*

- Dentistry*, 19(5), 265-273. <http://doi.org/10.1111/j.1708-8240.2007.00116>
- Türkün, L. Ş., & Leblebicioğlu, E. A. (2006). Stain retention and surface characteristics of posterior composites polished by one-step systems. *American Journal of Dentistry*, 19(6), 343–347.
- Urzal, V. (2009). *Estética e Articuladores nas Reabilitações Orais*. Edição de Autor
- van Noort, R., & Davis, L. G. (1993). A prospective study of the survival of chemically activated anterior resin composite restorations in general dental practice: 5-year results. *Journal of Dentistry*, 21(4), 209–215. [http://doi.org/10.1016/0300-5712\(93\)90128-D](http://doi.org/10.1016/0300-5712(93)90128-D)
- Varanda, E., Do Prado, M., Simão, R. A., & Dias, K. R. H. C. (2013). Effect of in-office bleaching agents on the surface roughness and morphology of different dental composites: An AFM study. *Microscopy Research and Technique*, 76(5), 481–485. <http://doi.org/10.1002/jemt.22190>
- Vargas, M.A., Bergeron, C., Murchison, D.F., Roeters, J. & Chan, D.C.N. (2013). Direct Anterior Restorations. In Hilton, T.J., Ferracane, J.L. & Broome, J.C. (Eds.), *Summitt's fundamentals of operative dentistry: a contemporary approach* (pp.249-278). Illinois, EUA: Quintessence Publishing Co Inc.
- Villalta, P., Lu, H., Okte, Z., Garcia-Godoy, F., & Powers, J. M. (2006). Effects of staining and bleaching on color change of dental composite resins. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 95(2), 137–142. <http://doi.org/10.1016/j.prosdent.2005.11.019>
- Wang, R., Bao, S., Liu, F., Jiang, X., Zhang, Q., Sun, B., & Zhu, M. (2013). Wear behavior of light-cured resin composites with bimodal silica nanostructures as fillers. *Materials Science and Engineering C*, 33(8), 4759–4766. <http://doi.org/10.1016/j.msec.2013.07.039>
- Yildiz, E., Sirin Karaarslan, E., Simsek, M., Ozsevik, A. S., & Usumez, A. (2015). Color stability and surface roughness of polished anterior restorative materials. *Dental Materials Journal*, 34(5), 629–39. <http://doi.org/10.4012/dmj.2014-344>
- 3M™ Oral Care (2016). 3M™ ESPET™ Sof-Lex™ Diamond Polishing System: Technical

Data Sheet, São Paulo, Minnesota, EUA. Disponível em
<http://multimedia.3m.com/mws/media/1122935O/sof-lex-diamond-polishing-system-technical-data-sheet.pdf>

ANEXOS

ANEXO 1



ANEXO 2

Teste de Normalidade para a variável Rugosidade de superfície (Ra) por Tipo de Protocolo (PRO)

		Kolmogorov-Smirnov		
	Protocolo	Estatística	gl	Sig.
Rugosidade de Superfície	Protocolo 1	,161	160	,000*
	Protocolo 2	,270	160	,000*
	Protocolo 3	,139	160	,000*
	Protocolo 4	,077	160	,023*
	Protocolo 5 - Controlo	,087	160	,005*

*p<0,05

Teste de Homogeneidade das Variâncias para a variável Rugosidade de superfície (Ra) por Tipo de Protocolo (PRO)

		Estatística de Levene	gl1	gl2	Sig.
Rugosidade de Superfície	Com base em média	153,883	4	795	,000*
	Com base em mediana	127,790	4	795	,000*
	Com base em mediana e com gl ajustado	127,790	4	342,326	,000*
	Com base em média aparada	145,161	4	795	,000*

*p<0,05

ANEXO 3

Teste de Normalidade para a variável Rugosidade de superfície (Ra) por Tipo de Resina (RES)

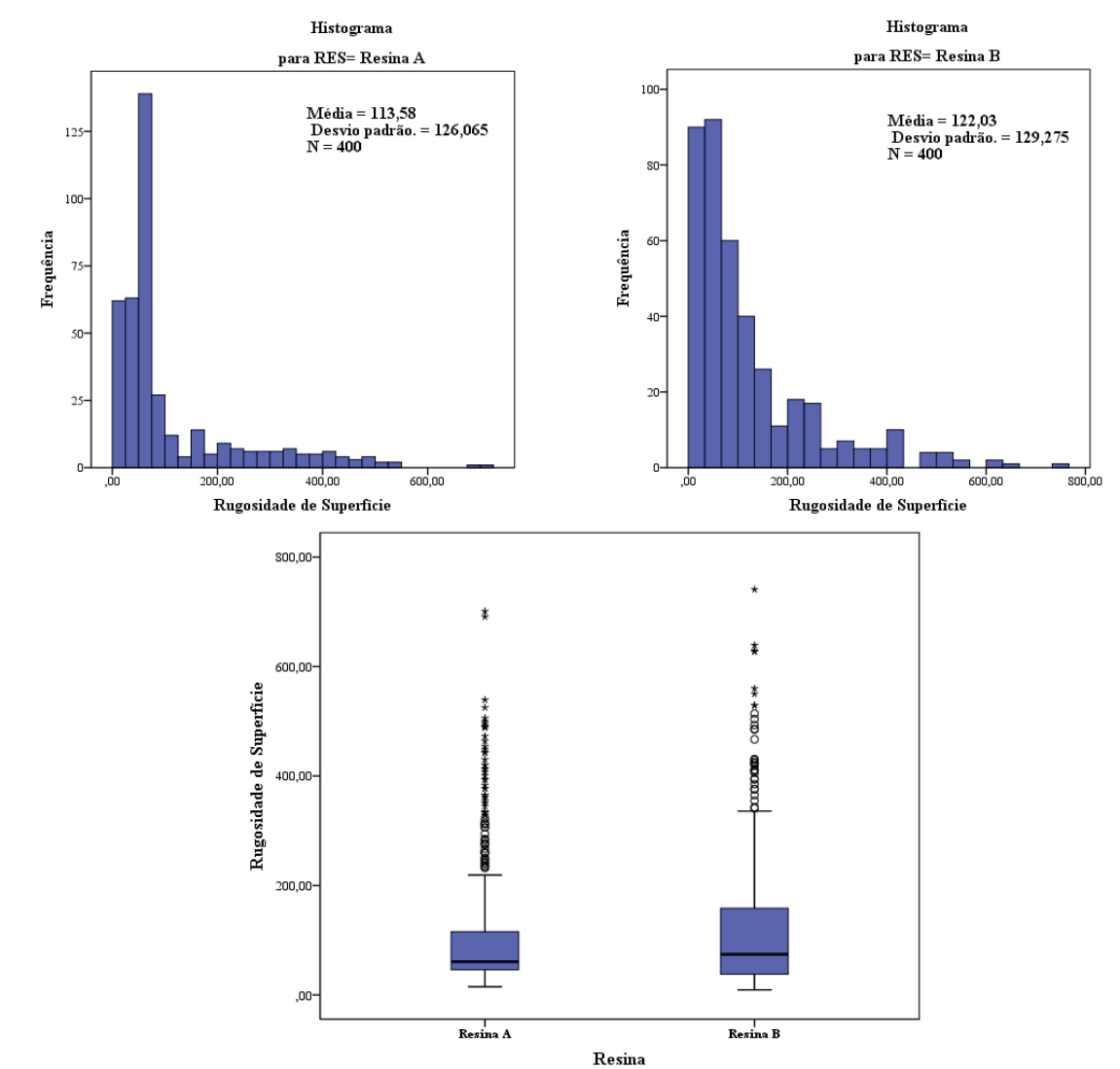
		Kolmogorov-Smirnov		
	Resina	Estatística	gl	Sig.
Rugosidade de Superfície	Resina A	,293	400	,000*
	Resina B	,191	400	,000*

*p<0,05

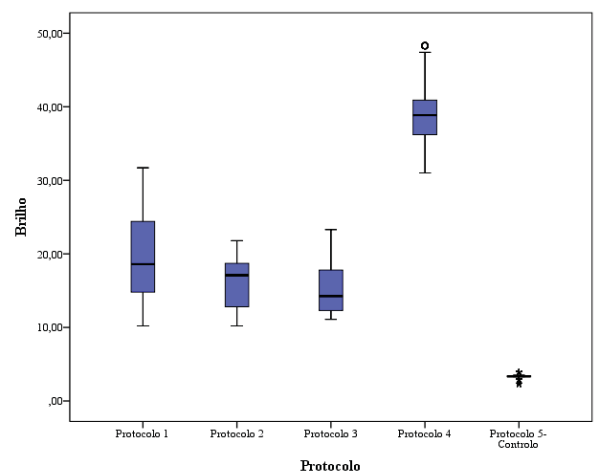
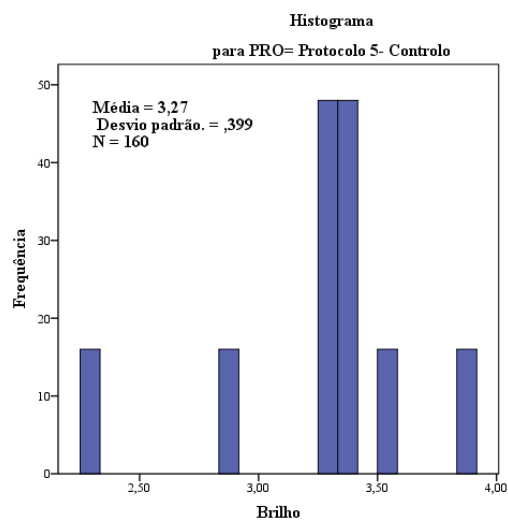
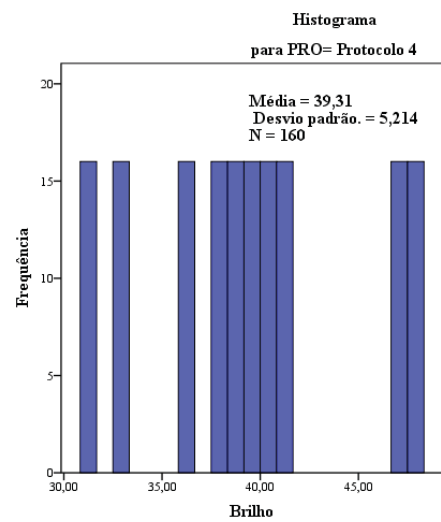
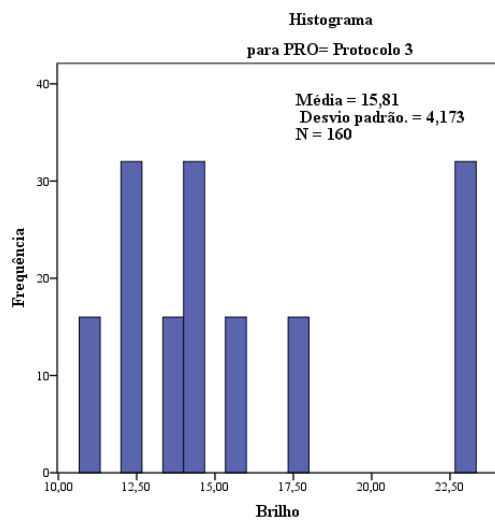
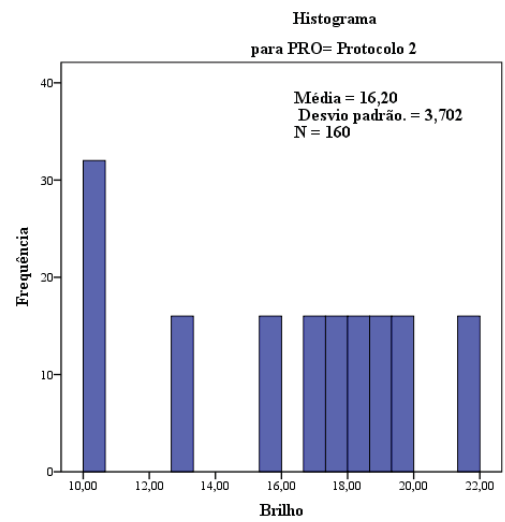
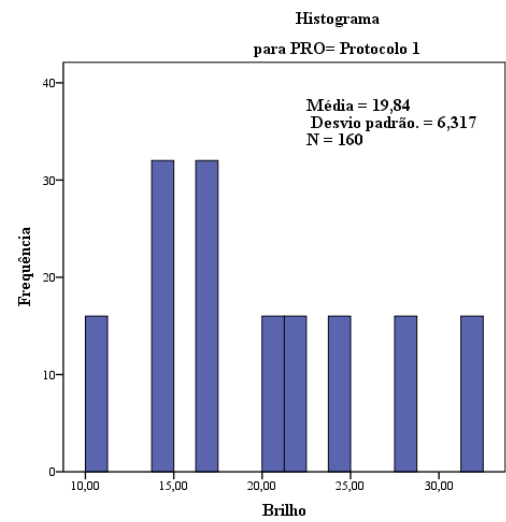
Teste de Homogeneidade das Variâncias para a variável Rugosidade de superfície (Ra) por Tipo de Resina (RES)

		Estatística de Levene	gl1	gl2	Sig.
Rugosidade de Superfície	Com base em média	,123	1	798	,725
	Com base em mediana	2,328	1	798	,127
	Com base em mediana e com gl ajustado	2,328	1	794,736	,127
	Com base em média aparada	,495	1	798	,482

ANEXO 4



ANEXO 5



ANEXO 6

Teste de Normalidade para a variável Brilho (Br) por Tipo de Protocolo (PRO)

		Kolmogorov-Smirnov		
	Protocolo	Estatística	gl	Sig.
Brilho	Protocolo 1	,162	160	,000*
	Protocolo 2	,157	160	,000*
	Protocolo 3	,241	160	,000*
	Protocolo 4	,180	160	,000*
	Protocolo 5- Controle	,330	160	,000*

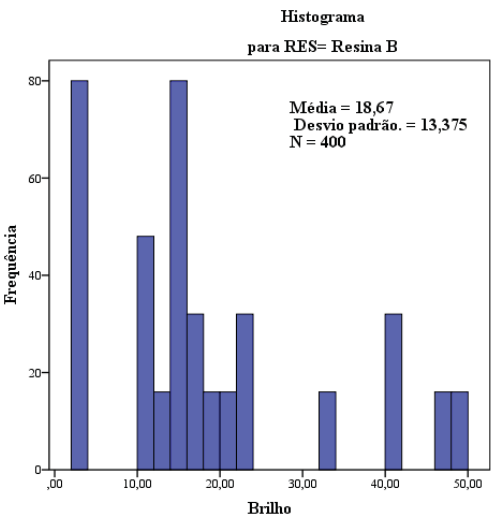
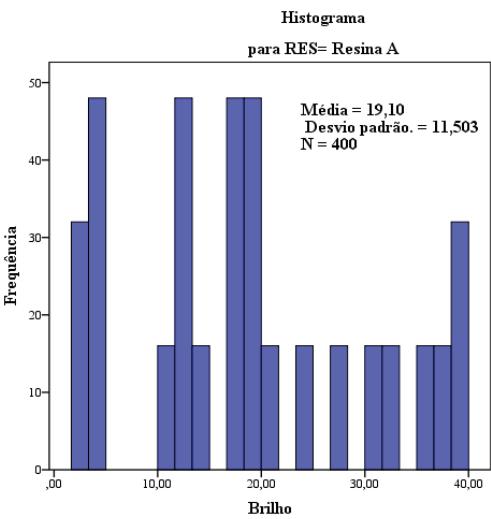
*p<0,05

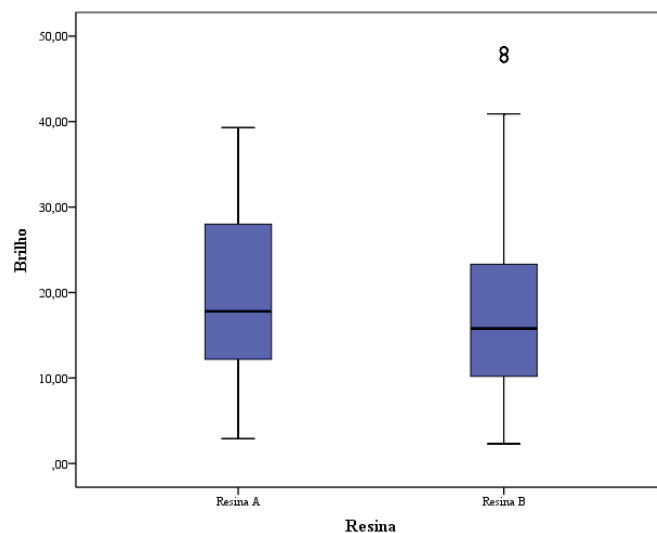
Teste de Homogeneidade das Variâncias para a variável Brilho (Br) por Tipo de Protocolo (PRO)

		Estatística de Levene	gl1	gl2	Sig.
Brilho	Com base em média	81,449	4	795	,000*
	Com base em mediana	66,470	4	795	,000*
	Com base em mediana e com gl ajustado	66,470	4	587,109	,000*
	Com base em média aparada	81,023	4	795	,000*

*p<0,05

ANEXO 7





ANEXO 8

Teste de Normalidade Brilho (Br) por Tipo de Resina (RES)

Brilho	Kolmogorov-Smirnov			
	Resina	Estatística	gl	Sig.
	Resina A	,109	400	,000*
	Resina B	,184	400	,000*

*p<0,05

Teste de Homogeneidade das Variâncias Brilho (Br) por Tipo de Resina (RES)

		Estatística de Levene	gl1	gl2	Sig.
Brilho	Com base em média	3,278	1	798	,071
	Com base em mediana	,544	1	798	,461
	Com base em mediana e com gl ajustado	,544	1	723,724	,461
	Com base em média aparada	2,075	1	798	,150